ÉTUDES ET LECTURES

SUR

LES SCIENCES D'OBSERVATION

ET

LEURS APPLICATIONS PRATIQUES.

PARIS. — IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER, rue du Jardinet, 12

ÉTUDES ET LECTURES

SUR

LES SCIENCES D'OBSERVATION

ET

LEURS APPLICATIONS PRATIQUES,

PAR M. BABINET,

De l'Institut (Académie des Sciences).

QUATRIÈME VOLUME.



PARIS,

MALLET-BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1857



TABLE DES MATIÈRES.

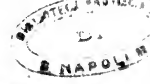
Pages.

LA TERRE

AVANT LES ÉPOQUES GÉOLOGIQUES.

LA TERRE

AVANT LES ÉPOQUES GÉOLOGIQUES.



Namque canebat uti magnum per inane coacta
Semina terrarumque animæque marisque fuissent
Et liquidi simul ignis : ut is exordia primis
Omnia, et ipse tener mundi concreverit orbis.

Il disait dans ses chants comment au sein de l'immensité de l'espace s'étaient rassemblés les principes de la terre, de l'air, de l'eau et du feu ; comment avec ces éléments primitifs s'était formée la nature entière, et le globe terrestre lui-même encore dans l'enfance.

(VIRGILE, *Églogues*.)

La fin du siècle dernier et le commencement de celui-ci ont été illustrés par les travaux d'un géomètre du premier ordre, Laplace, que l'on a souvent appelé le *Newton français*, au grand honneur de l'un et de l'autre de ces éminents génies. On a dit depuis longtemps qu'Homère avait fait Virgile, à quoi les partisans du poëte romain répondaient que si Homère avait fait Virgile, c'était sans contredit son meilleur ouvrage : on pourrait dire la même chose de Newton par rapport à Laplace. Toutefois, en reconnaissant que Laplace, ainsi que Newton, appliqua à l'astronomie théorique sa puissante organisation mathématique, il faut reconnaître

aussi que l'objet de leurs travaux fut bien distinct. Newton, fort des principes de la mécanique inaugurée par Galilée et de la grande loi de l'attraction universelle découverte par lui-même, avait dévoilé le secret des mouvements célestes, sur quoi Lagrange, contemporain de Laplace, disait presque avec humeur : « Il faut avouer que Newton a été bien heureux de trouver un monde à expliquer ! » Mais ce même Newton, dont la réputation en France et dans le monde entier fut si redevable à Voltaire et à Mme du Châtelet, après avoir entrevu que l'influence réciproque de toutes les planètes devait troubler leur marche et les faire dévier de l'ellipse parfaite que seules elles décriraient autour du soleil, crut que tôt ou tard cette cause perturbatrice dérangerait le monde, et qu'enfin l'univers *aurait besoin d'une main réparatrice*. C'était, en d'autres termes, admettre que la puissance créatrice qui avait produit l'univers n'avait pas été assez prévoyante pour lui donner une organisation stable. Leibnitz, le rival de Newton dans l'invention du calcul infinitésimal, mais métaphysicien d'un ordre bien supérieur, contesta énergiquement la singulière assertion de Newton; il montra qu'il était absurde d'admettre que celui qui avait primitivement fait le monde n'eût pas su en assurer indéfiniment la conservation, et qu'il fût de temps en temps obligé de remettre la main à son œuvre. Sénèque avait dit de l'auteur de la nature ces mots sublimes : *Semel jussit, semper paret;* « il a ordonné une fois, et depuis il s'obéit à lui-même. » Enfin David, le premier des inspirés, affirme que Dieu ne se contredit pas : *Dominus juravit et non pœnitebit eum.*

Ce sont principalement ces perturbations réciproques des corps célestes qui ont exercé le génie de notre Laplace. Aidé des progrès que l'analyse mathématique transcendante avait faits depuis Newton, Laplace attaqua de front ces inextricables difficultés. Au moyen d'approximations habilement conduites, il put aborder des problèmes que ses devanciers avaient jugés au-dessus des forces de l'esprit humain. Il mesura la portée de ces actions secondaires que Newton avait crues capables de faire péricliter le monde : il reconnut qu'elles étaient essentiellement périodiques, et qu'après avoir un peu faussé dans un sens la marche régulière des planètes, elles agissaient ensuite en sens contraire, défaisant plus tard le petit effet nuisible qu'elles avaient d'abord produit, et balançant le système du monde autour d'un état moyen dont il s'écarte très-peu, à peu près comme le long du cours de l'année les vingt-quatre heures du jour tantôt allongent, tantôt diminuent de quelques secondes l'intervalle de temps précis qui sépare deux midis successifs. Chose curieuse, on vit un esprit éminemment religieux révoquer en doute la sagesse et la prescience de la Divinité, et un esprit sceptique établir que le monde était assujetti à des lois tellement sages, que sa stabilité ne courait aucun risque! Le temps lui-même, dont Newton avait craint la fatale influence, concourait à assurer l'édifice en ramenant en sens contraire les effets qui primitivement avaient pu tirer le système du monde de sa position moyenne. Suivant la belle expression de Claudien, Laplace avait absous la Divinité :

Absolvitque deos....

Ce serait une tâche curieuse que de faire connaître ces brillantes et importantes déductions de l'analyse transcendante, qui, entre les mains des héritiers de Newton et de Laplace, et notamment dans celles de M. Le Verrier, ont conduit à des résultats si inattendus pour le présent, le passé et l'avenir du monde solaire. Quelque admirables qu'ils soient cependant par la puissance de l'analyse, les travaux de Laplace s'offriront à nous aujourd'hui sous un autre aspect, et nous aideront à suivre les développements principaux de la science du globe dans le triple domaine de la cosmographie, de la géologie, et particulièrement des recherches cosmogoniques.

Laplace fait justement remarquer que l'astronome, qui dans ses formules embrasse l'ensemble des mouvements célestes, peut en ce sens *prédire l'avenir*, puisque ayant le secret de ces mouvements il peut annoncer quelles seront dans les âges futurs les positions des astres. Le passé, pour l'espèce humaine, est à peu près aussi obscur que l'avenir, car chacun sait combien faible est la certitude de l'histoire, cette mémoire du genre humain, aussi peu infaillible que la mémoire des individus. Les formules de l'astronomie mathématique nous disent quel était il y a plusieurs siècles l'état du ciel, comme elles nous disent ce qu'il sera dans les siècles à venir, et quand une éclipse ou un autre phénomène céleste correspond à un fait historique, on sait avec précision dans quelle année, dans quel mois et à quel jour il faut placer l'événement désigné par cette chronologie astronomique.

Ce n'est pas seulement toutefois aux événements his-

toriques que la curiosité ambitieuse de l'esprit humain vient s'attaquer, et l'état actuel du globe, avec les traces qu'y ont laissées les catastrophes diverses qu'il a subies, semble provoquer la recherche des causes qui ont amené successivement les divers dépôts et stratifications qui composent le sol que nous foulons aux pieds. Là, les dépôts de la mer et ses productions végétales et animales alternent avec les dépôts formés à découvert sous l'air et le ciel. Chaque couche fluviale ou marine est une immense catacombe des êtres existants à une époque ancienne, et d'après la lenteur de formation de ces couches successives on juge pendant combien de millions de siècles la nature a été en travail producteur pour arriver à l'état actuel avec l'homme, qui sur la terre ne date que d'un petit nombre de milliers d'années, et qu'à la lettre on peut dire n'exister que d'hier. Il s'agit donc de reconstituer les âges passés de la terre et sa population d'êtres vivants à chaque période. Tel est le problème que la nature semble jeter en défi à l'intelligence humaine avec toutes ses complications, et rien n'est plus littéralement applicable à ceux qui recherchent les causes de l'état actuel de la terre que cette expression biblique, que le *monde a été livré en proie à leurs discussions* (*mundum tradidit disputationi eorum*). Plus d'une fois même, le zèle pour la vérité a engendré la passion, et la géologie a eu ses volcans et ses tremblements de terre au moral comme au physique.

Il y aurait bien un moyen simple de se tirer d'affaire : c'est de prétendre, avec l'éloquent Bernardin de Saint-Pierre[1], que tous les êtres dont nous voyons les débris

dans les entrailles de la terre n'ont réellement pas vécu, et que le monde *a été fait tout vieux*. Telle est la propre expression de ce génie si éminemment littéraire. Suivant lui, le monde n'a point eu d'enfance. Il a été créé de manière à fonctionner tout de suite. Des forêts en pleine croissance ont été formées telles que nous les voyons aujourd'hui, pour abriter ou nourrir des animaux qui n'avaient point passé par l'enfance et l'âge adulte. Les oiseaux de proie ont alors dévoré des cadavres qui n'avaient point eu la vie. *On y a vu des jeunesses d'un matin et des décrépitudes d'un jour.* Enfin, si les couches inférieures du sol tiennent en dépôt de si prodigieuses quantités de végétaux, de coquillages, de débris de poissons, d'oiseaux, de quadrupèdes, semblables ou non semblables aux habitants actuels de la terre, c'est que leur présence était nécessaire à l'harmonie du globe. Si l'on admettait cette théorie, il faudrait admettre que la nature a voulu préparer à l'homme une étrange déception, car elle a organisé les terrains de nos continents de manière à convaincre l'esprit le plus incrédule que l'état actuel du globe avec ses habitants d'aujourd'hui n'est pas le premier état qui ait existé. En tenant compte seulement de la vie à ciel découvert, les habitants de Londres ne sont que les seconds locataires de leur contrée, les Parisiens n'en sont que les troisièmes occupants, et les Autrichiens de Vienne sont la quatrième population de leur localité.

L'histoire et la théorie des catastrophes successives qui ont peuplé et dépeuplé alternativement d'animaux marins et terrestres les diverses parties de notre globe, constituent ce qu'on appelle les *époques géologiques* et

quelquefois les *époques de la nature*, quand on ne considère celle-ci que dans l'enceinte de notre terre. Pour porter le flambeau dans la nuit des siècles antérieurs, on s'aide de toutes les lumières des sciences. Les lois de la mécanique, de la physique, de la chimie, sont consultées et donnent l'exclusion ou la confirmation aux hypothèses proposées par l'imagination, qui à l'ordinaire marche toujours en avant, négligeant un pénible contrôle qui cependant lui est indispensable. Puis on note toutes les indications relatives à la forme des terrains, à leur nature, à leur stratification, aux débris organiques qu'ils contiennent tant pour les productions de la mer que pour celles de la terre. Le nombre des alternances et des retours de la mer est un élément important de la question, ainsi que la nature du sol que foulaient à chaque époque les générations vivantes qui pullulaient dans certaines localités. Enfin l'atmosphère d'alors, sa composition, son action sur le climat, sur la vie, sur les éléments de la terre, avec sa chaleur présumée, tout est mis en ligne de compte. C'est avec ces données, empruntées à l'observation aidée des lois physiques de la nature, que le géologue ressuscite pour ainsi dire le monde à chacune des époques du passé, à peu près comme les géographes, aidés de l'histoire, nous donnent des cartes de l'empire grec, de l'empire romain ou de l'empire de Charlemagne.

Mais ces fruits de l'arbre de la science, d'un accès si difficile, n'ont pas encore satisfait la soif de savoir qui semble l'élément fondamental de l'âme humaine, toujours prête, comme nos premiers parents, à préférer la science à tout, même au bonheur. L'état du globe ter-

restre antérieur à notre époque devait lui-même résulter d'un état précédent, qui en était la cause, et dont il n'était que l'effet. De proche en proche, on arrivait à la formation de la terre elle-même et des astres; c'était ce qu'on appelait et qu'on appelle encore la *cosmogonie*, ou la théorie de la formation de l'univers. Quand on pense combien les anciens avaient fait peu de progrès dans les sciences d'observation, et avec quel succès au contraire ils avaient cultivé les arts d'imagination, on conçoit facilement combien de cosmogonies durent être admises, même en faisant abstraction de toutes les cosmogonies théologiques. La hardiesse des *faiseurs de mondes* imaginaires a persisté presque jusqu'à nos jours, et Descartes lui-même, le père du doute et de la réserve, on ne peut plus infidèle à ses principes, avait fait le monde avec *le plein et la matière subtile mue en tourbillons*. Cicéron disait qu'il ne concevait pas que deux aruspices pussent se regarder sans rire; et moi je dis que je ne conçois pas comment Descartes, ce grave métaphysicien, pouvait sérieusement se regarder dans une glace!

Avant d'aller plus loin, précisons bien exactement, et en remontant vers le passé, les trois époques ou périodes de la nature entre lesquelles nous venons de voir se partager la curiosité de l'esprit humain. Il y a d'abord la période actuelle, c'est-à-dire l'ordre de choses dans lequel nous vivons depuis la dernière catastrophe du globe, qui date seulement de quelques dixaines de siècles. C'est l'*époque historique*, qui n'est caractérisée que par de petits changements très-lents dans la forme et l'aspect actuel des continents et des mers, change-

ments qui semblent la continuation affaiblie de l'effet des grandes causes qui ont amené le dernier bouleversement. En second lieu, il y a la période ou les *époques géologiques*, comprenant tous les changements qui, à plusieurs reprises, ont bouleversé subitement la face du globe, déplacé les mers, remplacé en chaque localité la vie à ciel découvert par la vie sous-marine, et réciproquement, englouti des populations entières d'êtres vivants, végétaux et animaux, et laissé dans les entrailles de la terre, par la nature et la position des roches primitives et volcaniques, aussi bien que par les dépôts et stratifications postérieures et par les débris des êtres vivants à chaque âge de la terre, des monuments permanents dont l'inspection offre au géologue des hiéroglyphes bien autrement importants à déchiffrer que ceux de l'Égypte et de l'Assyrie. La troisième et la plus ancienne époque de la nature est l'*époque cosmogonique*. La science qui traite de cette époque considère comment l'état de la terre, au commencement des âges géologiques, a pu être la suite d'une formation astronomique probable, d'où la terre et les planètes, comme la lune et les satellites, auraient tiré leur origine; elle remonte ainsi jusqu'au moment où les corps célestes qui peuplent le ciel par multitudes innombrables n'étaient encore qu'une matière chaotique disséminée dans l'univers, laquelle, sous l'influence des lois bien connues de la chaleur et de l'attraction, et avec l'aide de ce grand enfanteur de toutes choses, le temps, a donné naissance aux amas d'étoiles, aux soleils, aux planètes et aux satellites.

De ces trois âges du monde, l'âge cosmogônique,

l'âge géologique, l'âge historique, le premier seul est ici l'objet de notre étude. C'est en prenant pour guide le génie de Laplace et ses déductions mathématiques que nous essayerons de soulever le voile que le temps et la nature ont jeté sur l'histoire primitive de notre planète. Tout a cédé au génie de l'homme, et ce « temps qui dévore tout ce qu'il crée, et ce passé envieux qui détruit comme le temps. »

> Tempus edax rerum, tuque, invidiosa vetustas,
> Omnia destruitis...

Il serait injuste de ne pas placer en tête de toutes les cosmogonies celle qui se trouve au commencement des livres saints, et qui, depuis plusieurs années, a tant exercé la sagacité des théologiens et des savants, surtout de ceux du protestantisme. Partant de ce principe métaphysique, parfaitement infaillible, que deux vérités ne peuvent pas être en opposition, ils ont recherché avec soin la concordance des Écritures avec la géologie, et ils se sont appuyés des découvertes de celle-ci pour pénétrer le sens souvent obscur des expressions bibliques. On compterait par centaines le nombre des ouvrages théologiques ayant pour objet *la concordance des quatre évangélistes*. Eh bien, la concordance de la géologie et de la Genèse menace d'en produire encore davantage. Des fondations pieuses en Angleterre ont été consacrées à cette recherche, tant il est vrai que l'esprit humain ne peut se résoudre à ignorer même ce que peut-être il lui est impossible de savoir! Tout en ne partageant pas la sollicitude inquiète qui pousse vers cet ordre d'idées les sectes chrétiennes où prévaut le

libre examen individuel, et en laissant de côté l'interprétation symbolique ou littérale des diverses assertions du *livre*, qui en France ont été suivies avec la plus rare sagacité par M. l'abbé de Tinseau jusque dans leurs extrêmes déductions, nous reconnaîtrons et nous prendrons dans la Bible une date bien exacte de l'époque où s'est opérée la dernière catastrophe qui a donné à la surface de la terre l'aspect que nous lui voyons aujourd'hui.

Mais dépassons l'époque de cette dernière catastrophe; remontons au delà des âges historiques, au delà même des âges géologiques. Où était alors notre terre? D'où vient-elle? A-t-elle toujours occupé sa place actuelle dans le monde planétaire? Si elle a fait partie du chaos, comment en est-elle sortie? A quelle origine faut-il rapporter et sa formation et celle de toutes les autres planètes solaires? Celles-ci, au moment où j'écris, sont pour nous au nombre de quarante-trois, savoir quatre planètes de grosseur moyenne voisines du soleil : Mercure, Vénus, la terre (ou Cybèle), et Mars; quatre grosses planètes éloignées du soleil : Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune; enfin trente-cinq petites planètes dans une position intermédiaire entre Mars et Jupiter. Il y a quelques jours encore, ce nombre n'était que de trente-deux; mais grâce à la découverte de M. Chacornac de l'Observatoire de Paris, à celle de M. Goldschmidt dans son atelier de peintre, aussi à Paris, et enfin à celle de M. Luther, à l'Observatoire de Bilk, près de Düsseldorf, nous en comptons aujourd'hui trente-cinq.

Les questions que nous venons de poser ont été débattues de tout temps par les savants comme par les

poëtes: nous ne voulons résumer ni les théories des uns, ni les rêves des autres. Nous arrivons tout de suite à une des plus célèbres cosmogonies, celle de Buffon, qui imagine faire sortir la terre et les planètes de la substance même du soleil au moyen d'une comète qui, venant choquer cet astre, en aurait détaché une traînée de matière fondue, dont les diverses parties, se conglomérant par l'attraction newtonienne en sphères de matière liquide, seraient devenues les divers globes planétaires qui circulent autour du soleil. Il est heureux que le choc en question n'ait eu lieu qu'une fois, car autrement il y aurait plusieurs systèmes de planètes autour de notre soleil; et tandis que toutes nos planètes tournent autour de l'astre central d'occident en orient, suivant le zodiaque, il y aurait eu d'autres ensembles de planètes qui suivraient d'autres zodiaques autour de cet astre. Alors la stabilité du système établie par Laplace n'aurait plus lieu, et il y aurait à craindre l'effet des perturbations mutuelles de ces planètes, différentes de route comme d'origine. Laplace, et même tous ceux qui ont la moindre notion des mouvements d'un corps autour d'un centre attirant, savaient que quand un corps qui circule autour d'un autre a passé une fois par un point, il y revient à chacune de ses révolutions. Ceux qui, connaissant cette loi, adoptaient la théorie de Buffon, devaient donc se demander pourquoi les planètes ne revenaient pas constamment toutes passer par le point d'où elles avaient été détachées du soleil, et en raser la surface, tandis qu'au contraire elles tournent autour de lui dans des orbites presque circulaires et indépendantes les unes des autres. Enfin la preuve que

l'idée de Buffon était inadmissible, c'est que l'observation nous a appris que toutes les comètes sont des corps tellement légers et si peu compactes, que le choc d'une comète, bien loin de pouvoir détacher du soleil une masse considérable de matière, ne pourrait même pas se faire jour au travers de notre atmosphère pour venir heurter notre globe.

Ce qu'il y avait de conforme aux faits dans l'hypothèse de Buffon, c'était que chaque planète, ainsi détachée d'un globe ardent, pouvait être considérée comme une masse fluide de chaleur et complétement fondue. Tel est en effet l'état où se trouve encore l'intérieur de notre terre. A mesure que l'on pénètre à des profondeurs de plus en plus grandes, la chaleur augmente graduellement; et, d'après la loi de l'augmentation de cette température, on conclut qu'à une profondeur de 60 kilomètres toutes les matières que nous connaissons comme appartenant à la masse centrale de la terre doivent être en fusion. D'après ce système, un puits très-profond doit être plein d'eau chaude, puisque le fond en est dans une région où la chaleur est considérable. Telle est la cause de la température élevée des eaux provenant des puits forés à une grande profondeur; telle est encore la cause des eaux thermales naturelles qui, pour être telles, n'ont besoin que de provenir d'une cavité profonde, comme il doit s'en rencontrer dans les terrains à couches très-accidentées et qui ont été disloquées dans les diverses rechutes qui ont suivi la diminution du noyau de la terre, à mesure qu'il se contractait en se refroidissant; telle est enfin la cause qui, dès que l'écorce solide du globe vient à se

fendre ou à se briser, amène à sa surface, sous forme de lave, la matière fondue elle-même dont le noyau de notre planète est formé.

Buffon n'a pas suivi toutes ces déductions modernes de la science géologique; mais l'origine ignée qu'il attribue à la terre se trouvant d'accord avec les faits subséquents, on pouvait ne pas se montrer trop difficile sur la vraisemblance de l'hypothèse par laquelle il prétend expliquer l'état primitif du globe. Cet état est prouvé par la configuration même de cette planète et de toutes les autres qui ont la forme aplatie d'une orange, laquelle ne convient qu'à des corps fluides tournant sur eux-mêmes. La mécanique seule suffit pour démontrer mathématiquement ce fait important; mais l'importance même d'un tel résultat a engagé les expérimentateurs à le reproduire. Ils ont donc emprisonné de l'eau dans une enveloppe flexible; et, la posant sur une plate-forme tournante, ils ont vu la boule fluide s'aplatir en s'étendant dans le sens où se faisait la rotation. Le celèbre physicien de Gand, M. Plateau, correspondant de l'Institut de France, a opéré encore plus délicatement. Il a fait artistement flotter une grosse boule d'huile dans un mélange d'eau et d'alcool. Cette boule, sans enveloppe, était soutenue par le fluide environnant, comme si elle eût été dans l'air, sans appui et sans pesanteur. Faisant ensuite tourner le vase qui la contenait, ainsi que le liquide environnant, il voyait la boule d'huile s'aplatir légèrement, comme la terre et Mars, quand le mouvement était faible; mais avec une vitesse de rotation plus grande, l'aplatissement était égal ou même supérieur à l'aplatissement de Jupiter et

de Saturne, lesquels tournent sur eux-mêmes avec rapidité, avec des jours de neuf à dix de nos heures terrestres, et par suite nous offrent des globes bien plus déprimés que la terre et Mars, qui tournent, comme on sait, à peu près en vingt-quatre heures.

Enfin Laplace vint! C'est dans son *Exposé du Système du Monde*, ouvrage singulier de prétention mathématique, qu'il faut chercher ses idées sur la formation mécanique de la terre et des planètes. Ici il n'y a pas à craindre qu'une science sévère vienne contrôler et contredire les déductions d'une théorie due à l'auteur de la *Mécanique céleste*. C'est au contraire la science du mouvement qui sert de guide au théoricien, dès qu'il a posé son hypothèse première; savoir, que la terre et les planètes ont pour origine l'atmosphère même du soleil dont elles ont autrefois fait partie, et qui, en se resserrant autour de l'astre, par suite d'un refroidissement graduel, a dû tourner de plus en plus vite, de manière à rester suspendue à distance, comme la lune reste suspendue au-dessus de la terre, en vertu de son mouvement, qui l'éloigne autant de nous que la pesanteur la ramène, en sorte qu'elle reste toujours à la même distance. C'est en nous appuyant sur le célèbre ouvrage de Laplace, sans en copier servilement le texte, que nous chercherons à résumer les connaissances actuelles sur la physique de l'univers.

Avant de faire des planètes avec les atmosphères des soleils, faisons les soleils eux-mêmes. Tout le monde sait que notre soleil est l'un des individus d'une innombrable multitude d'astres pareils qui trace dans le ciel la bande étoilée, très-irrégulière, qui constitue ce qu'on appelle

la *voie lactée*. Le télescope nous révèle de plus dans le ciel bien des centaines d'agglomérations pareilles qui, à cause de leur prodigieuse distance, paraissent d'une petite étendue, comme serait la moitié ou le quart de l'espace que la lune occupe sur la sphère céleste. Néanmoins les puissants télescopes d'Herschel permettaient d'apercevoir que chacun de ces petits nuages blancs était un composé d'étoiles. On les y voyait comme des grains brillants de sable et de poussière,

Ὅσα ψάμαθός τε κόνις τε,

suivant l'expression d'Homère pour désigner des objets en nombre infini. L'analogie voulait que d'autres petites nébulosités que le télescope ne pouvait séparer en étoiles distinctes fussent considérées comme des amas d'étoiles trop éloignées pour que la vue pût les distinguer. C'est ainsi que les réverbères de la splendide illumination journalière de l'avenue des Champs-Élysées de Paris se distinguent les uns des autres jusqu'à une certaine distance du promeneur; plus loin ils se rapprochent tellement en perspective, qu'il est impossible de les distinguer à l'œil nu; une lorgnette de spectacle permet de les séparer un peu plus loin encore, mais ils finissent par se confondre en vertu de la distance. Qui croirait que cette analogie ne frappa pas l'esprit, que dis-je, le sens commun d'Herschel! Les nébuleuses que son admirable instrument ne résolvait pas en étoiles isolées, furent considérées par lui comme des masses d'une matière continue qu'il appela *matière nébuleuse*, ainsi qu'on désignerait le petit nuage blanc que donne un grain de phosphore qui brûle, ou bien le premier gaz

que dégage une allumette chimique. Et de ces nébulosités, contre toute analogie, *il fit des étoiles!* Suivant lui, une nébulosité, en se condensant, donne naissance à un soleil.

Chose plus étonnante, le sévère auteur du *Système du Monde*, cette incarnation de l'esprit mathématique, adopte de confiance cette bizarre idée. Il voit dans les nébuleuses plus ou moins arrondies des étoiles en voie de formation, c'est-à-dire de concentration, oubliant qu'à l'épouvantable distance où sont ces masses brillantes il faudrait, pour fournir à la matière d'une de ces nébuleuses, bien des milliers de soleils, quelque légère que l'on supposât la matière de ces corps célestes. Ajoutez que ces nébuleuses qu'on croyait irréductibles en étoiles n'étaient pas les plus faibles du ciel. La fameuse nébuleuse d'Andromède se voit très-bien à l'œil nu. Celle d'Orion est encore plus brillante, et même elle est, je crois, la plus brillante du ciel, tellement que Derham croyait que c'était une ouverture dans notre ciel terrestre au travers de laquelle on entrevoyait les splendeurs du ciel empyrée, demeure des bienheureux. J'ai pendant longtemps été seul à combattre l'idée antianalogique du célèbre astronome anglais à grand renfort de raisons physiques et mathématiques. Enfin, dans ces dernières années, lord Rosse inaugura le milieu du XIXe siècle par la construction d'un télescope gigantesque, comme Herschel père en avait inauguré le commencement par les découvertes dues à son télescope de quarante pieds. Alors les nébuleuses rebelles se réduisirent en étoiles, et il fut bien avéré, comme du reste la logique l'avait proclamé

d'avance, que la matière d'une nébuleuse contient de quoi produire une nombre infini d'étoiles.

Faut-il conclure de là que les étoiles n'ont pas été produites par la matière primitive de l'univers qui, en vertu de l'attraction, se serait conglomérée en plusieurs globes solaires? Nullement. La chose n'offre rien d'impossible; mais entre la possibilité et la réalité il y a loin, et en nous hâtant trop d'adopter cette formation, nous ferions injustice à d'autres hypothèses qui se présenteront peut-être. En attendant, les esprits qui ne peuvent rester dans le doute et qui *veulent* à toute force *savoir*, ou plutôt *croire*, pourront admettre une *matière chaotique* primitivement existante dans tout l'univers stellaire, et se rassemblant en masses isolées pour former des étoiles. Ces étoiles ultérieurement se rapprocheront entre elles en prenant un mouvement de rotation, et formeront ces étonnantes nébuleuses en spirales que lord Rosse a découvertes dans le ciel avec son puissant appareil. Ces traînées de soleils tombant vers un centre commun jusqu'à ce que les forces répulsives de la chaleur les arrêtent, sont, à mon sens, le témoignage de la plus immense période de durée que le ciel ait indiquée à l'intelligence de l'homme. Déjà, en voyant des étoiles toutes formées, on pense bien, avec le calme des régions célestes, qu'il a fallu beaucoup de siècles pour amasser, arrondir, dégager, et pour ainsi dire *individualiser* la matière qui compose chaque soleil; mais quand on voit une masse de soleils, une voie lactée tout entière, qui s'est mise en mouvement et a pivoté sur son centre de gravité de manière à former par le rapprochement de ses soleils des spirales d'étoiles

allant en tournant vers un point de réunion future, on est effrayé du temps qu'il a fallu pour produire des effets si grands avec des forces si petites. Pour sentir encore mieux l'immensité de ces périodes de temps écrites dans leurs effets, remarquons que, dans les soleils ou étoiles fixes qui entourent le nôtre, nous observons de minimes déplacements qui n'ont point ôté à ces astres le titre d'étoiles fixes à cause de leur petitesse presque infinie. Or, comparativement, nous voyons ces étoiles de fort près. Que serait-ce donc si nous les observions à la distance où sont les nébuleuses? Leurs mouvements ne seraient perceptibles qu'après des centaines de milliers de siècles. Combien donc de ces milliers de siècles ont dû s'écouler pour avoir eu le temps de produire avec des forces si faibles des effets si prononcés, et pour avoir disposé en files spirales toutes les étoiles d'une nébuleuse! A ce point de vue, la découverte des *nébuleuses spirales* par lord Rosse nous étend l'univers en durée tout autant que les travaux de sir William Herschel et de sir John Herschel l'ont étendu en profondeur par leurs catalogues d'environ quatre mille nébuleuses. Ce nombre, avec le grand télescope d'Herschel, eût été sans doute dix fois aussi grand, et avec le télescope de lord Rosse, qui a six pieds anglais d'ouverture, si on le transportait vers le sommet des hautes régions des montagnes équatoriales, on peut présumer qu'on verrait la voûte céleste entière *plafonnée* de nébuleuses, et ne laissânt que de rares interstices sans matière perceptible.

Au reste, tout indique que l'univers, ou, pour parler plus exactement, cette portion de l'univers où nous

sommes confinés, marche vers un degré de refroidissement ultérieur. L'hypothèse même de la formation des étoiles par une condensation et une réunion de la matière chaotique admet tacitement qu'un refroidissement graduel a permis à l'attraction universelle de réunir des éléments stellaires. C'est aussi en vertu de l'attraction devenue prépondérante par suite du refroidissement qu'ont dû s'opérer dans les étoiles toutes formées les traînées spirales qui les ont rapprochées en les faisant tourner autour du centre de gravité de l'ensemble. Ainsi donc voici pour notre soleil les données d'où part Laplace. La matière des soleils, et spécialement celle du nôtre, s'est conglomérée en vertu d'une moindre chaleur ou refroidissement qui a permis aux particules disséminées de se réunir en une vaste masse enveloppée d'une atmosphère qui était d'autant plus étendue que la chaleur primitive était plus grande. La condition de la formation du soleil semble ainsi être identique avec l'idée de refroidissement de l'espace céleste, puisque si la chaleur, force essentiellement opposée à la condensation d'une masse gazeuse, n'eût pas été en faiblissant, on ne voit pas de raison d'admettre la condensation de la matière chaotique en soleils. Nous partirons donc avec Laplace de cette hypothèse d'un refroidissement graduel.

En plaçant l'origine de nos déductions au moment où le soleil formait une vaste masse tournante enveloppée d'une atmosphère que sa chaleur primitive maintenait très-compacte, on voit qu'à mesure que le refroidissement s'opérera, cette atmosphère diminuera de hauteur et se rapprochera de la masse centrale. Tournant alors

dans un cercle plus petit, elle devra aller plus vite, ainsi que l'exige la loi infaillible de la conservation du mouvement. Enfin il arrivera un moment où ce mouvement sera tellement rapide, qu'il contre-balancera la pesanteur dans l'équateur de la masse tournante, et qu'alors toutes les parties qui forment un anneau dans cet équateur resteront suspendues et ne suivront pas le mouvement de condensation du reste de la masse. C'est ainsi qu'aux distances où sont maintenant Saturne, Jupiter, la terre, etc., le soleil, en se refroidissant, a abandonné des bandes annulaires de vapeurs, lesquelles ont toutes gardé dans le sens du zodiaque le sens du mouvement primitif dirigé suivant l'équateur solaire, de l'occident à l'orient, ce qui explique admirablement ce fait si merveilleux que toutes les planètes tournent dans le même sens autour du soleil et à peu près dans le même plan, suivant la route que l'on appelle le zodiaque, et qui traverse le ciel de l'occident à l'orient. Une fois ces bandes circulaires abandonnées et suspendues par leur mouvement même à diverses distances du soleil, la matière de chacune s'est, en vertu de l'attraction, réunie en une seule masse arrondie, et la planète a commencé d'exister sous une forme isolée à peu près semblable à ce qu'elle est maintenant. Il serait un peu long et assez difficile, sans l'aide de figures, de suivre Laplace dans ses déductions ultérieures; il explique très-heureusement comment les planètes ainsi formées se sont mises à tourner sur elles-mêmes dans le sens de leur rotation autour du soleil, ce qui, après leur avoir donné leurs années, a fait leurs jours, et des jours d'autant plus courts que la planète est plus grosse.

De plus, et ceci est capital, à mesure que les planètes se sont refroidies, leur atmosphère a fait autour d'elles ce que celle du soleil a fait autour de cet astre en donnant naissance aux planètes. L'atmosphère des planètes, en se contractant, est restée suspendue en anneaux circulaires qui plus tard ont produit les lunes ou satellites qu'on voit tourner autour de la terre, de Jupiter, de Saturne, d'Uranus et de Neptune. Enfin le système solaire nous offre un exemple de ces anneaux qui se formaient autour des planètes; car Saturne, indépendamment de huit lunes ou satellites, possède toujours un anneau ou plutôt un ensemble de trois anneaux qui ne se sont point encore brisés pour former d'autres satellites à la planète. Voilà une explication bien simple à laquelle on était loin de s'attendre pour un phénomène aussi extraordinaire que le sont les anneaux de Saturne. Je passe bien d'autres conséquences de cette belle théorie, et notamment la cause qui a déterminé dans le mouvement de la lune cette particularité si étonnante, qu'elle nous tourne la même face, particularité que partagent du reste les autres lunes ou satellites par rapport à leur planète principale.

On juge ordinairement de la valeur d'une théorie par le nombre plus ou moins grand de faits qu'elle explique et lie ensemble; mais, de plus, il faut avant tout qu'elle ne soit en contradiction avec aucune loi établie dans la nature. La théorie cosmogonique de Laplace satisfait à toutes ces conditions. Elle est amenée d'abord par les indices du refroidissement graduel qui semble propre à la partie de l'univers que nous occupons. Ce refroidissement se traduit par l'agglomération de la matière pri-

mitive et la formation des soleils. Chaque soleil, encore très-dilaté par la chaleur, est pourvu d'une atmosphère immense qui, d'après les lois du mouvement, abandonne, suivant la direction de l'équateur de ce soleil, des anneaux de cette atmosphère, qui plus tard se brisent et s'arrondissent en planètes. De là tous les mouvements coordonnés dans le même sens et dans la même région du ciel. De là encore tous les mouvements dans des cercles exacts et non point dans des courbes très-allongées qui viendraient raser le soleil pour s'éloigner ensuite considérablement de cet astre, comme cela résulterait de l'hypothèse de Buffon. Ensuite vient secondairement la naissance des lunes ou satellites formés autour des planètes, comme celles-ci l'ont été autour du soleil, puis cette heureuse explication de l'*inexplicable* anneau de Saturne, enfin cent autres détails auxquels cette théorie s'est pliée soit entre les mains de Laplace, soit entre celles de ses successeurs.

D'après la théorie présente, et en nous restreignant à notre planète, nous la voyons primitivement faisant partie de l'atmosphère embrasée du soleil, puis constituant une bande de feu isolée circulairement au-dessus de la surface de cet astre et ne suivant plus le reste de l'atmosphère solaire dans sa retraite. Lorsque ensuite toute la matière de la bande ou anneau de vapeurs incandescentes s'est réunie en un seul globe arrondi et tournant sur lui-même, et quand l'atmosphère de ce globe a donné naissance à la lune, la terre se trouve réduite à des conditions à peu près semblables à celles où la théorie de Buffon plaçait notre globe à son origine, du moins sous le rapport de l'incandescence et de l'état de fusion

primitive. Tout ce qu'a dit Buffon de sa *terre* peut donc s'appliquer à la *terre* de Laplace, sauf quelques particularités relatives à l'état de la matière au centre de notre globe, lesquelles sont mieux représentées par la théorie du géomètre que par celle du naturaliste. Tout le bénéfice des déductions de Buffon est ainsi acquis à la théorie de Laplace, et il est surprenant que cette dernière soit aussi peu connue et aussi peu populaire. Celui qui, après l'avoir bien comprise, la développerait en s'aidant de figures gravées et en évitant le style d'oracle et le langage impitoyablement mathématique de son auteur, rendrait un vrai service aux *consommateurs* de la science, en mettant à leur portée les plus belles déductions rétrospectives des notions de l'analyse transcendante et de la mécanique. L'homme, comme le voyageur, n'aperçoit bien que ce qui est autour de lui. Sa vue atteint difficilement l'espace lointain vers lequel il marche, comme il cesse d'apercevoir les parties de la route qui sont derrière lui. Homère, à tout instant, parle du passé, du présent et de l'avenir, et il met sur le même rang de difficulté la connaissance de ces trois existences. En astronomie et dans la vie sociale, le passé, comme étant la cause infaillible de l'avenir, est aussi important à connaître et souvent tout aussi difficile à faire éclore dans les théories. Calculer une éclipse qui a eu lieu il y a deux mille ans est tout aussi pénible et incertain que d'en prédire une pour l'an 3855. Je sais bien que l'école utilitaire me répondra que, pour les besoins de la géologie, la théorie de Buffon, écrite en beau style, lui suffit, à peu près comme certaines gens portent volontiers un diamant faux, pourvu qu'il ait le

même éclat qu'une pierre fine; mais ce diamant factice ne résiste pas longtemps à l'usage : il se raye, se ternit et se détériore promptement. D'ailleurs il est toujours pour une théorie imparfaite quelque point où son insuffisance se trahit. Pour la théorie de Buffon comparée à celle de Laplace, le point d'insuffisance se trouve dans la puissante réaction que le noyau encore élastique du globe doit exercer de l'intérieur à l'extérieur, réaction si bien reconnue et établie par M. de Humboldt et tout à fait inexplicable dans le système de Buffon. J'y ai rattaché le fait presque incroyable des projections de certains volcans à l'origine de leurs éruptions. L'énergie de ces premières convulsions souterraines pour lancer la matière éruptive serait inexplicable dans toute autre théorie. Souvenons-nous aussi de la réponse de Pythagore à un interlocuteur qui lui demandait quel était avant tout le caractère distinctif de l'homme au milieu de tous les êtres. « C'est, dit le philosophe, la connaissance de la vérité. » Or quel est celui qui ferait cas d'une pièce d'or ou d'argent, s'il la savait fausse?

Si j'en juge par l'impression qu'a faite sur moi la première lecture du chapitre du *Système du Monde*, où Laplace développe ces grandes idées sur la formation du système solaire, il n'est point de lecteur qui ne dût être émerveillé de ces oracles de la science positive qui nous font assister, non pas à la création du monde, comme le pensent à tort des esprits irréfléchis, mais bien à un développement des lois de la nature dans l'organisation si importante pour nous de notre soleil, des planètes et des satellites, et enfin de notre terre elle-même. Au reste, il faut que le sujet de sa nature soit

fort attrayant, car il n'est, je pense, aucune personne ayant dans la science une autorité, si minime qu'elle soit, qui n'ait été poursuivie par les faiseurs de mondes. A chaque contradiction qu'on leur fait remarquer, ils demandent grâce en annonçant que plus tard on trouvera la rectification de l'erreur signalée. Or cette rectification est la plupart du temps une énormité tout aussi grande que la première absurdité. « Voilà un vers qui a un pied de trop, disait Sixte-Quint à un poëte qui lui faisait hommage d'un sonnet. — Que Votre Sainteté ait la bonté de continuer! dit le poëte. Sans doute elle en trouvera par compensation un autre qui aura un pied de moins. » Voilà l'image fidèle de l'entêtement des faiseurs de cosmogonie. De plus, tous menacent de porter hors de notre pays le fruit de leurs élucubrations et de priver ainsi leur *ingrate patrie* de la gloire qu'elle devait attendre des créations de leur génie. Je n'ai point encore appris que la France ait eu à déplorer de pareilles pertes. Tout ce que j'ai pu conclure de ces tristes communications, c'est la vérification de ce théorème aussi sûr que tous ceux de la géométrie, savoir qu'il serait plus facile de donner du bon sens à un fabricateur de mondes que de lui persuader qu'il n'en a pas. La cosmogonie marche de pair avec le mouvement perpétuel.

Une fois la terre constituée avec sa lune et son atmosphère réduite à une limite bien distincte de tous les autres corps célestes, nous entrons dans la série des considérations géologiques. Peu à peu les liquides que la chaleur tenait en suspension dans l'atmosphère à l'état de vapeur commencent à se précipiter en pluies de

diverse nature. Nous avons déjà dit que c'est à certaines pluies de substances carbonifères que M. Boutigny attribue la formation des houillères. Cette idée généralisée est neuve et féconde. Aucun théoricien jusqu'ici n'a suivi ces diverses précipitations de notre atmosphère, qui ont dû avoir lieu à mesure que le refroidissement forçait chacune des substances primitivement en vapeur de retomber en liquide sur le noyau central. Ainsi, vers la température de 350 degrés thermométriques, les pluies de mercure ont commencé ; les pluies d'eau n'ont été possibles que quand l'atmosphère n'était plus qu'à 100 degrés. A quelle époque ont commencé les précipitations des autres substances, soit simples, soit composées? Quelles étaient au milieu de tous ces matériaux hétérogènes les réactions chimiques de ce vaste laboratoire atmosphérique, à l'équateur, vers les pôles et dans les régions intermédiaires? Suivant les belles expressions de Lucain, cherchez, ô vous que préoccupe l'organisation du monde!

Quærite, quos agitat mundi labor et cura!

Peu à peu la surface du noyau terrestre se solidifie par un refroidissement subséquent, et prend une épaisseur capable de servir de fond et de bassin aux eaux et aux liquides, qui abandonnent sans retour l'atmosphère pour former les mers des divers âges. Ces dépôts fluides réagissent, ainsi que l'atmosphère elle-même, sur les matières combustibles ou salifiables de la partie solide. Par un refroidissement prolongé du noyau, et par suite de sa réduction à un plus petit volume, la croûte enveloppante, portée sur un noyau devenu trop petit,

se brise à plusieurs époques dont les périodes deviennent d'autant moins fréquentes, que cette croûte prend plus d'épaisseur et de solidité. Enfin, le refroidissement général étant devenu suffisant, la vie apparaît à la surface du monde.

Nous voilà en pleine géologie et à la seconde époque de l'existence de notre globe. Cette seconde époque embrasse la suite de son histoire jusqu'au moment de l'apparition, comparativement très-récente, de l'homme sur la terre. A partir de cette dernière transformation de l'aspect de notre planète, on n'observe plus que des influences très-limitées des grandes causes qui ont à plusieurs reprises bouleversé la nature entière; mais les changements météorologiques qui stérilisent ou fertilisent de vastes étendues de sol à la surface de la terre ne sont guère moins importants pour la race humaine que les changements géologiques. D'ailleurs ceux-ci persistent encore par des effets séculaires très-manifestes. Jusqu'à ce jour, ceux qui cultivent les sciences d'observation, trop amoureux de la gloire qui suit les recherches originales, n'ont pas songé à coordonner les acquisitions de la science et à compter les joyaux de leur trésor enfoui, dont ils ne font aucune part au public. Cependant, lorsqu'en répondant seulement aux questions des amateurs de la science, on voit combien leur imagination saisit de rapprochements ingénieux, de points de vue nouveaux et importants, d'idées fécondes et originales, on ne peut s'empêcher de regretter qu'il n'y ait pas plus d'ouvrages destinés à l'exposition des vérités scientifiques, où chacun puiserait suivant sa portée et ses besoins. Bacon a vanté *la science des ateliers* où

l'*ingéniosité* de l'homme est sans cesse stimulée par le besoin d'obtenir un résultat pratique. Que dire de la *science des salons*, où la pensée, libre des soins matériels, est un plaisir comme un besoin? Il ne s'agit que de savoir écouter, et non pas de vouloir exclusivement *se faire écouter*. L'initiation de la société à la science en général était le grand but que s'étaient proposé les encyclopédistes dans le siècle dernier. Les sociétés semblent demander aujourd'hui ce qu'on semblait leur imposer il y a un siècle. J'entrevois que pour la société française en particulier, tant pour les hommes de loisir que pour les travailleurs obligés, l'exposition universelle de l'industrie qui va s'ouvrir sera une école qui déterminera bien des vocations capables de faire honneur à la France. L'exemple est le premier de tous les maîtres; et, comme le remarque très-bien Tacite, il est dans la nature des hommes de suivre volontiers une initiative qu'ils ne prendraient pas d'eux-mêmes: *Insitâ mortalibus naturâ prosperè sequi quæ piget inchoare.*

Lorsque j'ai parlé de ces grandes déductions des formules mathématiques qui nous montrent le système solaire stable au milieu de légers balancements qui se compensent de siècle en siècle, on a pu craindre que ces sublimes vérités ne fussent à jamais inaccessibles à ceux qui ne sont pas mathématiciens de profession. C'est une grande erreur. Tous ceux qui admirent une œuvre monumentale, comme une basilique, un pont, un viaduc, un canal, une jetée en mer, ne seraient sans doute pas capables de travaux si difficiles; mais ils sont peut-être plus aptes que d'autres à admirer les travaux du génie, et

plus curieux même de les contempler. Tout ce qui est réellement grandiose se comprend facilement. Que l'on dise que, dans le système du monde, le *désordre*, si l'on peut s'exprimer ainsi, est tellement circonscrit, qu'il ne peut jamais atteindre une limite qui ferait péricliter le monde; que le balancement annuel de l'axe de la terre soit fixé à quelques deux-cent-millièmes, que le balancement séculaire soit reconnu être de 1 ou 2 degrés, en sorte que le climat de Paris oscille entre celui d'Orléans et celui d'Amiens : l'esprit le plus superficiel comprendra ces énoncés si simples, et n'ira pas redouter, pour le présent ou l'avenir, des catastrophes chimériques, encore moins exiger que la puissance créatrice apporte à l'univers une main réparatrice, ce qui serait, comme nous l'avons déjà dit, l'inadmissible aveu d'un manque de prévoyance ou d'habileté.

Laplace, à la fin de l'exposé de son système cosmogonique, consacre quelques mots aux comètes, qu'il déclare en général étrangères à notre système solaire. En effet, la marche de ces astres, si près du néant par la petite quantité de matière qu'ils contiennent, n'offre aucune régularité. Ils viennent de tous les points du ciel et parcourent indifféremment dans tous les sens l'espace étoilé. Ce sont sans doute de petites vapeurs cosmiques fort inoffensives qui traversent le système des étoiles jusqu'à ce qu'elles viennent se heurter à quelque soleil qui les absorbe en les arrêtant, ou que, par suite de l'action des planètes près desquelles elles passent, leur marche soit rendue circulaire ou presque circulaire autour du soleil. C'est presque toujours la planète Jupiter qui, par sa grande masse et son attraction éner-

gique, fausse la route de ces astres et les fait, pour un temps du moins, circuler autour du soleil. Suivant l'expression pittoresque de sir John Herschel, Jupiter est le tyran des comètes. Jusqu'ici, quatre seulement de ces astres ont été vus deux fois. Ce sont les comètes d'Halley, d'Encke, de Biéla et de Faye. Au mois d'août prochain, la question sera décidée pour une cinquième comète, celle du père Vico, qui n'a encore été vue qu'une fois. La fameuse comète de trois cents ans de révolution, et qui était attendue pour 1848, n'a point encore reparu. Il est vrai qu'elle a obtenu des mathématiciens une permission de *prolongation d'absence* jusqu'en 1858, avec deux ans de plus ou de moins, en sorte que nous l'aurons, j'ose dire certainement, entre 1856 et 1860. J'ai déjà parlé bien des fois de cette comète aux lecteurs de ces *Études*, et mon impatience de la voir de retour ne fait que s'accroître d'année en année. Ce sera une belle acquisition pour l'astronomie qu'un astre qui, dans sa révolution *triséculaire*, tantôt rasant le soleil, tantôt s'en éloignant à d'immenses distances, vérifiera plusieurs des lois du mouvement, et sera pour la terre une espèce de courrier revenant voir tous les trois siècles si les hommes ont été en se perfectionnant pendant le cours d'une si longue période. Sa dernière apparition fut en 1556, époque de l'abdication de Charles-Quint, qui, dit-on, s'y décida à la vue de ce messager céleste qui semblait lui commander de résigner la puissance souveraine. Elle n'aura pas tant d'autorité en 1858.

La cosmogonie de Laplace n'est pas moins heureuse à expliquer l'origine de ces masses compactes désignées si justement sous le nom de *pierres tombées du ciel*,

qui nous arrivent des espaces étrangers à notre terre. Il est en effet naturel de penser que toute la matière abandonnée par l'atmosphère du soleil ne s'est pas exactement réunie en une seule masse planétaire. Plusieurs portions de substance matérielle placées hors de l'action de la masse principale y ont échappé provisoirement et ont dû faire comme de petites planètes minimes, circulant autour du soleil selon les mêmes lois que les grandes agglomérations, peuplant ainsi de petits corps invisibles tout l'espace céleste jusqu'à ce que la terre, venant à passer par là, les amène à elle par sa force attractive, les enveloppe dans son atmosphère qui les arrête, et enfin les précipite sur le sol en vertu de leur pesanteur. Mais le détail de ces curieux phénomènes nous écarterait des limites où nous voulons nous renfermer aujourd'hui. Je me borne à remarquer qu'on ne parle jamais avec effroi de ces chutes d'aérolithes qui ont été fatales à plus d'un individu de notre espèce, tandis que les pauvres comètes, les plus inoffensifs de tous les êtres, ont encore une assez mauvaise réputation. Une pierre volumineuse, tombée près d'Ensisheim, avait été suspendue par une chaîne à la voûte de l'église avec cette curieuse inscription dont je ne connais pas l'auteur : *De hoc multi multa, omnes aliquid, nemo satis.* Ce latin me paraît ressembler beaucoup au style de Tacite. Il signifie que sur cette matière beaucoup de gens ont parlé, que tout le monde a dit son mot, mais que personne n'a épuisé la matière. Nous pensons que la belle théorie cosmogonique de Laplace donne un démenti formel à l'inscription d'Ensisheim. Suivant cette même théorie, les étoiles filantes, ces feux que nous

voyons briller si inopinément pendant les nuits soreines, seraient aussi des substances étrangères à la terre que notre atmosphère enflammerait au moment où elles y pénètrent, et qui ne différeraient des masses qui nous donnent des pierres et des météores compactes que par une constitution gazeuse et légère qui les rendrait incapables de fendre l'air et de laisser des traces sensibles de leur existence. On a cependant quelquefois recueilli le résidu de leur combustion. On espérait beaucoup que ces substances étrangères à la terre nous amèneraient des éléments chimiques nouveaux, et l'excellent chimiste Laugier avait analysé dans cet espoir un grand nombre de pierres tombées du ciel; mais il n'y a trouvé que les mêmes substances chimiques connues sur notre terre et dans nos laboratoires. Rien n'est du reste extraordinaire ici, car ces petites planètes, formées dans la même région céleste que la terre, ont dû l'être de matériaux de même nature, et par suite il n'y a pas d'analogie physique ou logique blessée par l'identité chimique des aérolithes avec la terre.

Pour conclusion à cette étude, on peut dire que si la cosmogonie de Laplace ne satisfait pas à tout ce que l'esprit humain, toujours un peu présomptueux, avait ambitionné de savoir, si elle ne remonte pas jusqu'aux causes premières, elle recule du moins les bornes de la science, ou, si l'on veut, de l'ignorance, jusqu'à une distance qui fait honneur au génie de l'homme. Nous suivons assez loin la généalogie de notre globe terrestre pour que ses titres de noblesse astronomique remontent à une date respectable. J'avoue que je n'entrevois pas comment on pourrait remonter plus haut dans les âges

cosmiques : je serais donc tenté de dire avec Pline que nous devons nous contenter de ce que nous avons découvert, et laisser à la postérité *quelque petite chose à faire* pour la vérité. Cependant si, à l'exemple de Fontenelle, nous introduisions dans un dialogue des morts l'auteur romain de l'*Histoire Naturelle* et l'auteur français du *Système du Monde*, Pline ne serait-il pas un peu embarrassé devant Laplace, et celui-ci n'aurait-il pas beau jeu à lui reprocher ses assertions orgueilleuses?

Pour ces trois périodes de l'existence du monde, savoir les *âges cosmogoniques*, les *âges géologiques* et les *âges historiques*, il est évident que chaque durée est fort inégale. La dernière période, qui date de l'époque où la nature a pris l'aspect que nous observons aujourd'hui, et où l'homme est entré sur la terre, est comparativement très-courte, et ne remonte environ qu'à six mille ans; mais en ce qui concerne l'homme, l'importance de cette période compense son défaut d'antiquité. Quand on sonde les terrains inférieurs, on y trouve les indications de plusieurs catastrophes antérieures; on y voit la mer tour à tour envahir et délaisser les diverses contrées, après avoir pris le temps d'y accumuler les débris des êtres vivants qui n'ont pu s'y amasser que par un laps immense de temps. Il n'y a plus d'années, plus de siècles, qui puissent mesurer la durée de ces périodes géologiques. Le chanoine Recupero, qui s'était pour ainsi dire identifié en Sicile avec l'Etna, comptait avec stupeur le nombre des coulées de laves entassées par ce volcan depuis les couches situées à 3,200 mètres de hauteur, jusqu'à celles qui étaient plus basses

que le pied de la montagne. Cette observation lui décelait une durée inconcevable pour l'âge du monde, que l'on ne savait pas alors interpréter symboliquement. Qu'eût-il dit, s'il avait eu sous les yeux tous les faits de la science moderne relatifs à la formation des terrains tertiaires produits sous l'empire de la vie, pendant des périodes sans fin, des durées sans limites? La conclusion à tirer de ces observations, c'est que l'état actuel du globe étant de très-récente date, et chacun des états successifs étant de longue durée, il n'y a pas lieu de craindre d'ici à longtemps pour le genre humain ce qu'on appelait vulgairement la fin du monde. L'histoire manquera de chronologie avant qu'une nouvelle catastrophe terrestre vienne clore les destinées de la race qui domine aujourd'hui sur le globe. Dans ces âges futurs, pour lesquels la durée de nos empires sera à peine perceptible, que sera la gloire, et que seront devenues surtout nos gloires actuelles qui nous passionnent tant?

Les termes manquent, à plus forte raison, pour exprimer la durée de l'âge cosmogonique qui a précédé les âges géologiques. Concevoir la matière disséminée dans l'espace, et sa lente agglomération en masses distinctes, en soleils, en nébuleuses ou amas de soleils, puis concevoir que tout cet ensemble ait eu le temps de pivoter sur son centre, en laissant des traces de la disposition que lui a imprimée son mouvement, c'est vouloir, à la lettre, se figurer l'*éternité* du passé!

En revenant à l'humanité, qui ne songera à ces paroles de Pindare qui datent de cinq siècles avant notre ère: « Les hommes éphémères, car qu'est-ce que l'exis-

tence, qu'est-ce que le néant? les hommes éphémères ne sont que le rêve d'une ombre! »

Σκιᾶς ὄναρ ἄνθρωποι.

L'espace, la matière, le temps manquent également à l'individu de notre espèce. Il n'est quelque chose que par son intelligence. Cette vérité tant répétée n'en est pas moins toujours nouvelle.

Laplace, dans sa *cosmogonie* (mot qu'il s'est bien gardé de prononcer), examine en passant l'opinion singulière des Arcadiens, qui se croyaient plus vieux que la lune, *cet astre,* dit Horace, *qui est postérieur aux antiques Arcadiens.* Je remarque que le Péloponèse a toujours eu maille à partir avec la lune. Quelques anciens croyaient la lune juste de la grandeur du Péloponèse; sans aucun doute, le lion de Némée était tombé de la lune; enfin les Arcadiens avaient été témoins de la naissance de ce satellite, qui, jusqu'à Galilée, fut un grand embarras dans toutes les théories. Les convenances d'analogie furent satisfaites quand Galilée d'abord, et ensuite Huygens et Cassini, eurent vu les lunes des autres planètes. On avait donc imaginé de faire la lune avec une comète que la terre aurait enchaînée à sa destinée; mais cette idée ne soutient pas l'examen. Une comète, *ce rien visible,* n'a point assez de masse pour former la moindre planète ou le moindre satellite. J'ai prouvé qu'une couche d'air de 1 mètre d'épaisseur illuminée par le soleil serait plus brillante qu'une comète. Toutefois, en laissant de côté cette raison péremptoire de ne pas rapporter l'origine de la lune à une comète, conçoit-on pour Jupiter et Saturne la chance qui, pour

leur donner des lunes, aurait fait arriver l'une après l'autre toutes ces comètes dans le même plan, et suivant l'équateur de la planète? Sans doute une comète qui passerait près de la terre infléchirait sa course à mesure qu'elle s'en rapprocherait, mais ensuite elle retournerait vers les espaces célestes, et son mouvement ne ressemblerait en rien à la marche de notre lune, admirablement balancée entre son mouvement en ligne droite, qui l'éloigne de la terre, et sa chute vers nous, qui la ramène d'autant, en sorte qu'elle conserve sa position sans aucun appui. Plusieurs personnes à qui j'expliquais cette belle idée, qui est de Borelli et que Voltaire attribue à tort à Newton, s'inquiétaient de ce qui arriverait si ce mouvement en ligne droite, qui éloigne la lune, n'était pas égal à l'effet de la pesanteur qui la ramène. Alors ils craignaient que dans un cas la lune ne disparût dans l'espace et nous privât de ses services, ou bien qu'elle ne tombât sur la terre, où elle couvrirait bien plus que le Péloponèse et ferait de terribles dégâts. Eh bien, la mécanique théorique rassure tout le monde. Un peu plus ou un peu moins de vitesse dans la lune ne produit qu'un peu d'allongement dans sa route circulaire autour de la terre; et, au lieu d'un cercle parfait, elle décrit ce qu'on appelle vulgairement un cercle allongé, c'est-à-dire une ellipse. C'est l'une des courbes étudiées dans l'école de Platon, lequel ne se doutait guère alors du rôle astronomique que Képler devait faire jouer plus tard à cette courbe, longtemps négligée d'après cette idée que le cercle était la seule courbe assez parfaite pour que l'auteur de la nature pût s'en servir.

Deux ou trois érudits ont cherché à établir que l'an-

tiquité avait tout su. Les modernes n'avaient fait que retrouver la science des anciens. Télescope, microscope, électricité, aimant, attraction même, tout était dans les ouvrages des Grecs et des Romains. Cette exagération n'a pas besoin d'être réfutée. Les sciences d'observation sont de date très-récente, et ne remontent guère à plus de deux siècles. Il est donc curieux de voir comment une des écoles grecques concevait la formation du monde. On sait que Virgile n'était exclusivement d'aucune secte philosophique, quoique généralement il fût ce qu'on appelait *académicien* (*academicus*), c'est-à-dire platonicien. Ainsi les vers que j'ai mis en tête de cette étude pourraient être un résumé des opinions cosmogoniques de Pythagore et de Platon, qui adopta dans sa vieillesse le système de Pythagore, reproduit par Copernic dans les temps modernes. D'autres pensent que Virgile prit ses idées aux initiés des mystères, qui semblent avoir eu bien des notions exactes qu'ils ne divulgaient pas. Quoi qu'il en soit, on peut dire que l'auteur de cette théorie eut une sorte de prescience de la théorie cosmogonique de Laplace. Il montre d'abord la matière disséminée dans l'espace, ensuite se réunissant et s'agglomérant pour former les astres et le globe de la terre lui-même à l'état naissant. Si le lecteur veut bien ouvrir un Virgile à la sixième églogue, il verra que le poëte passe très-fidèlement des époques cosmogoniques aux époques géologiques, car il nous montre ensuite le sol se consolidant, la mer se séparant des continents, le soleil éclairant la terre pour la première fois, et les nuages, disséminés dans l'atmosphère, laissant tomber la pluie d'en haut. Plus tard, les végétaux apparaissent,

puis les animaux, qui errent en petit nombre sur des montagnes encore sans nom. Enfin le poëte passe à la naissance de l'homme et aux premiers âges de Saturne et de Prométhée, qui donne aux mortels le feu céleste. On voit que rien ne manque à la succession des événements.

La théorie que Virgile développe ici en style poétique ferait grand honneur à l'antiquité, si elle eût été généralement adoptée; mais à côté de l'école, quelle qu'elle soit, qui professait cette belle doctrine, il en était d'autres où l'on enseignait que le soleil était un globe n'ayant qu'un pied de diamètre. Le secret de ces rencontres merveilleuses et du peu d'estime qu'on en a fait, c'est que la Grèce et l'antiquité ont tout dit, mais qu'elles n'ont rien démontré.

C'est aux séances de l'École Normale primitive, en 1796, que Laplace exposa en peu de mots ses idées sur la formation du système solaire, que depuis il développa de plus en plus dans les éditions subséquentes du *Système du Monde*. La science de l'empire (si la science peut être annexée à une forme de gouvernement quelconque) était trop exclusivement mathématique, pour que l'on pût apprécier toute la portée de cette théorie physique du monde considéré dans sa formation. L'auteur lui-même, trop partial pour ses travaux sans pairs dans la mécanique céleste, semble avoir placé au second rang sa *cosmogonie*, qu'il ne présente, dit-il, qu'avec la défiance que doit commander tout ce qui ne découle pas exclusivement des considérations mathématiques. Il semble n'avoir pas estimé à sa juste valeur ce fruit de son génie, à peu près comme Christophe

Colomb mourut sans savoir qu'il avait découvert un nouveau monde et dans l'idée qu'il avait atteint l'Asie orientale, en quoi il ne faisait erreur que de la moitié du contour de la terre! Suivant l'expression d'Arago, les physiciens ont longtemps traîné les mathématiciens à la remorque. Enfin, grâce aux travaux de Gay-Lussac, d'Haüy, de Malus, de Biot, de Young, de Thenard, de Davy, de Coulomb, de Charles Dupin, d'Ampère, des mécaniciens et des industriels modernes, et surtout grâce à l'initiative d'Arago, qui, suivant l'expression pittoresque que j'emprunte à Voltaire, avait enfin *dégorgé son école mathématique,* les sciences physiques eurent leur existence indépendante, et leur *nationalité* fut enfin reconnue. Sans compter tout ce que fit la chimie pour les besoins et la prospérité des nations, la physique et la mécanique nous donnèrent les bateaux à vapeur, les chemins de fer et le télégraphe électrique, indiqué avec son nom actuel, par Ampère, en 1822. Cette réaction méritée en faveur de la science physique, *felix meritis,* suivant une épigraphe consacrée, ramena les esprits à une juste appréciation de la cosmogonie de Laplace, qui, en 1827, un siècle exactement après Newton, laissa, comme Alexandre, sa couronne scientifique *au plus digne.*

Depuis cette époque jusqu'au milieu du XIXe siècle, tout a confirmé cette belle assertion de Napoléon, savoir que dans les sociétés modernes *le pouvoir de la science fait partie de la science du pouvoir.* Au moment où j'écris, depuis quelques jours seulement, un câble électrique de 600 kilomètres (150 lieues!), jeté au travers du Pont-Euxin, nous apporte en quelques heures

des nouvelles des intrépides argonautes français et anglais de la Crimée. Oserais-je citer ici quelques paroles de l'un des membres de l'Académie des Sciences, le maréchal Vaillant, ministre de la guerre, à qui on demandait quelques renseignements sur le télégraphe sous-marin de la mer Noire : « J'envoie ma dépêche au général Canrobert, et j'en ai la réponse plus tôt que je ne l'aurais par lettre d'une ville située à moitié chemin de Lyon, de Bordeaux ou de Strasbourg, sans être encore revenu de mon étonnement sur ce prodige? » Il est de notre devoir de protester contre l'indifférence publique à l'égard de ce fait merveilleux. Il est des hommes qui ne seraient pas surpris si on leur annonçait une dépêche télégraphique venant de la lune, de Vénus ou de Jupiter!

Revenant à notre sujet, nous dirons que la *cosmogonie* de Laplace a clos l'ère des divagations scientifiques relatives à la formation du monde. Il est difficile d'espérer une autre théorie qui explique tant de faits divers et se prête à de si nombreuses exigences. Mais, dira-t-on, pourquoi remonter si haut dans la série des âges et ne pas partir de la fluidité primitive de la terre, comme l'a fait Buffon (à part sa comète invraisemblable), pour entrer dans la série des époques géologiques et se livrer à des études moins hypothétiques? Je répondrai que les études cosmogoniques, bien loin de contrarier les déductions de la géologie, leur prêtent au contraire l'appui de leurs lumières pour écarter bien des opinions erronées.

Les atlas modernes de la géographie physique nous donnent, sur des cartes spéciales, la distribution des

plantes, des animaux et des races humaines; les cartes géologiques s'occupent de fixer, pour les diverses époques qui ont précédé l'âge historique, la distribution des êtres vivants qui primitivement peuplèrent le globe. On va même chercher avec la sonde au fond des mers les restes des espèces éteintes ou de celles qui ont survécu à la dernière catastrophe. Eh bien, ne serait-il pas curieux de voir, dans un atlas de figures astronomiques, se dérouler la série des transformations qu'a subies la matière chaotique, disséminée d'abord sans forme dans l'espace illimité de l'univers, puis devenant des agglomérations de voies lactées ou nébuleuses formant des amas d'innombrables soleils? Ensuite autour de chaque soleil naîtrait un cortége de planètes. Plus tard, ces figures nous montreraient chaque planète enfantant les satellites qui sont aux planètes ce que celles-ci sont aux soleils. Alors chaque monde ayant son atmosphère individuelle, et se trouvant isolé de tout autre corps céleste, les tableaux d'astronomie physique se transformeraient en cartes géologiques, qui, jointes aux atlas récents de géographie physique, comprendraient l'histoire entière de l'univers, telle que l'homme peut ou la savoir, ou l'imaginer.

(Mai 1855.)

DE LA

CONSTITUTION INTÉRIEURE

DU GLOBE TERRESTRE

ET

DES TREMBLEMENTS DE TERRE.

DE LA

CONSTITUTION INTÉRIEURE

DU GLOBE TERRESTRE

ET

DES TREMBLEMENTS DE TERRE.

Pandere res altâ terrâ et caligine mersas.
Faire connaître ce qui est caché dans les profondeurs de la terre.
(VIRGILE.)

L'homme, qui se donne le titre fastueux de souverain de la nature, n'a point encore pris possession de son empire prétendu. Il respire en rampant à la surface de la terre, suivant l'expression d'Homère; il est confiné dans les régions inférieures de l'atmosphère, et s'il tente de s'élever de quelques milliers de mètres, l'air lui manque et le froid l'arrête. A ne considérer que la région qui lui est accessible, il n'a pas encore occupé, pas même exploré, tous les pays où sa race pourrait foisonner dans l'abondance des produits animaux et végétaux du sol et de la mer. Les cinquante millions d'habitants de



l'Amérique sont d'une date toute récente, provenant des populations européennes, et principalement de la race espagnole et de la race anglaise. Que dire de l'Australie, de la Californie et de quelques autres points du globe où l'homme s'acclimate et se développe? La géographie, dont le nom indique une science ayant pour objet la description ou le tableau de la terre, est encore loin d'être complète. La météorologie s'élève un peu plus haut, elle a pris pour domaine tout cet océan aérien qu'on appelle l'atmosphère, et qui entoure de ses flots sans rivages et la terre et les mers, qu'il recouvre sur une profondeur d'environ 60 kilomètres. Par delà, en s'élevant encore, l'astronomie *quitte la terre,* suivant la belle expression d'Aristote, et atteint, par l'observation et par l'œil *divin de la pensée,* les limites du monde perceptible à nos sens.

Autant le génie de l'homme s'est montré actif pour monter de plus en plus dans le théâtre des contemplations accessibles aux sciences d'observation, autant il semble avoir dédaigné la connaissance de la nature du sol qui le porte, et auquel il est cloué à perpétuité, on peut le dire, car les rares ascensions des pics neigeux de l'ancien monde, les expéditions aéronautiques, encore moins fréquentes, ne sont pas même pour la race humaine ce qu'est pour les habitants des mers le vol de certains poissons qui ne s'élèvent quelques instants en l'air que pour retomber lourdement au sein de l'élément qu'ils ont abandonné contre les lois de la nature. C'est une science très-récente que celle qui a recueilli tous les documents que pouvait fournir sur la constitution intérieure de la terre la contemplation

des montagnes ou des couches du sol soulevées par les catastrophes successives qui ont changé l'aspect et les populations du globe ainsi que sa météorologie. Les mines profondes où l'énergie de l'homme activée par l'intérêt était allée chercher le charbon, le fer, le sel, tous les produits métalliques et plastiques, ont fourni de précieuses données sur la chaleur croissante de la masse terrestre à mesure qu'on s'enfonce de plus en plus, et sur la stratification des couches successives. En même temps il a été permis à la science de l'organisation de faire revivre de leurs débris et de leurs restes ensevelis dans les terrains des diverses époques les quadrupèdes, les oiseaux, les poissons, les coquillages, les arbres et les plantes d'une nature éteinte aujourd'hui, ou subsistant encore dans des espèces analogues. Mais au-dessous de ces couches, accessibles dans une profondeur comparativement fort petite, qu'y a-t-il? De quels matériaux ce globe est-il formé? Avons-nous quelques communications avec cet intérieur inconnu de notre planète? Les terrains et les roches qui constituent notre sol à ciel découvert et le fond de nos mers descendent-ils jusqu'au centre du globe pour former une masse solide et compacte, ou bien y a-t-il au-dessous de l'écorce solide une masse fluide et fondue de chaleur qui porte les continents et le fond des océans, comme un lac ou une mer glacée porte la couche de glace ou les glaçons séparés et brisés qui flottent au-dessus? Bien plus, ne serait-il pas possible que le noyau central de la terre consistât en une matière incandescente élastique, quoique très-condensée, réagissant de bas en haut contre les terrains solides qu'elle porte, et

toujours prête à s'échapper dès que certaines causes mécaniques amèneraient dans l'enveloppe supérieure des fentes, des ouvertures, des dislocations qui lui livreraient passage?

Telles sont les questions que, depuis un demi-siècle à peine, une science encore au berceau, la géologie, est parvenue à poser nettement. Ayant de procéder à des recherches fructueuses, l'esprit humain a besoin de savoir ce qu'il doit rechercher. C'est un adage confirmé par l'expérience, qu'une question bien posée est plus qu'à moitié résolue. C'est un grand progrès pour la science de pouvoir formuler ce qu'on ne sait pas. Pour fixer les idées, je commencerai par établir que tous les corps de la nature se montrent à nous sous l'un des trois états suivants : solide, liquide ou fluide élastique. Le premier état est bien connu : les roches, les terrains, le bois, la pierre, le fer, enfin tous les corps durs vivants ou inorganiques nous en offrent des exemples. L'état liquide n'est pas moins connu : les océans qui recouvrent la plus grande partie de la terre d'une eau salée; les fleuves, les lacs, les sources, les ruisseaux ; enfin divers produits moins répandus dans la nature, comme le mercure, l'huile, le sang et les fluides animaux, le vin, l'alcool, l'éther, toutes ces substances sont des types ou des exemples de l'état fluide. Quant au troisième état, l'état de fluidité élastique, nous en avons des types dans l'air que nous respirons, dans le gaz d'éclairage, dans le gaz hydrogène, dont on se sert pour remplir les aérostats, et enfin dans le gaz plus lourd qui, au fond de la célèbre grotte du Chien, près de Naples, et en mille autres endroits du

globe, asphyxie les animaux qui s'y trouvent plongés. La vapeur d'eau est encore un fluide élastique ou gaz que développe la chaleur, et dont l'irrésistible énergie unit, chose rare dans les moteurs, la vitesse à la force.

Tous ces fluides élastiques, ces gaz, sont caractérisés par une légèreté telle, qu'étant enfermés dans des vases de grande capacité, ils n'en augmentent que très-peu le poids. Ils sont donc peu compactes, peu condensés, ou, pour parler le langage précis de la physique, ils ont un poids spécifique fort petit. Ce serait néanmoins une grande erreur de croire que la légèreté fût un attribut constant de l'état élastique. En renfermant des liquides dans des enveloppes de fer ou dans d'épais tubes de verre, et en les chauffant fortement, au risque des plus dangereuses explosions, M. Cagniard de la Tour, membre de l'Institut, est parvenu à les gazéifier dans un petit volume, et leur a donné ainsi une grande compacité, jointe à une élasticité formidable. L'eau, l'alcool, l'éther, ont subi cette étonnante modification, et si l'on imagine les matières terrestres ainsi gazéifiées par le feu central du globe, on n'aura aucune répugnance à imaginer que de tels fluides joignent à un poids égal à cinq ou six fois le poids de l'eau une force élastique suffisante pour porter le poids des couches terrestres, de la surface jusqu'au centre.

Je ne reviendrai pas sur ce que j'ai dit plus haut de l'origine astronomique de la terre. La cosmogonie mécanique de Laplace nous montre la terre et les planètes se conglomérant à l'état de fluidité élastique, formant des masses arrondies qui tournent sur elles-mêmes et conservent dans leur intérieur le feu

qu'elles tenaient de leur origine solaire. Buffon avait imaginé aussi une terre fluide de feu, en supposant qu'une comète avait détaché par son choc une petite partie de la matière solaire; mais il ne donnait à cette matière détachée du soleil que la fluidité liquide ordinaire des matières fondues, et de plus il admettait que depuis les âges anciens la terre avait eu le temps de se refroidir jusqu'au centre et de se solidifier. Or c'est ce que contredisent tous les faits de la science moderne. La théorie de Laplace est donc une grande induction vers cette vérité constatée d'ailleurs, que la terre est fluide.

Ce qui manque presque toujours aux idées scientifiques, c'est l'intérêt actuel. Les lois de la nature sont tellement fixes, qu'il importe peu de savoir aujourd'hui ou demain tel ou tel résultat des sciences d'observation. L'astronomie et la météorologie, par leurs phénomènes de chaque année ou de chaque saison, soit prévus, soit fortuits, offrent un peu plus de ce qu'on appelle aujourd'hui *actualité*; mais quand on n'a rien à espérer ou à craindre des phénomènes de la nature, on s'en met rarement en peine. Le sujet que nous traitons ici est devenu intéressant pour le public par la circonstance du tremblement de terre récent qui s'est fait sentir en Suisse et dans quelques localités de la France. Lorsqu'une circonstance imprévue amène l'attention publique sur un fait ou une catastrophe physique, bien des personnes s'adressent à ceux qu'elles croient pouvoir leur donner des nouvelles de ce pays inconnu grâce à notre éducation ou à notre nature, et que l'on nomme la science. Alors on croit aveuglément celui qu'on in-

terroge, on lui demande des oracles, et non des démonstrations. Il n'en est plus de même toutefois dans la circonstance présente : chacun est convaincu que la terre est solide et inébranlable, que le terrain est froid et humide, qu'en creusant des puits profonds ou des mines on trouve de l'eau et non du feu. Aussi, au moment où l'on énonce les conclusions modernes de la science, relativement au feu central, à la mobilité des continents, qui flottent sur un noyau incandescent, un cri d'incrédulité s'échappe-t-il de toutes les bouches. « Monsieur, je ne croirai jamais que des terrains, des roches dures puissent flotter sur quelque chose de mou et de fondu. — Monsieur, d'après votre système, il n'y aurait qu'à creuser un puits assez profond pour y puiser de la chaleur : ce serait fort utile, mais c'est parfaitement inadmissible. — Et puis, pourquoi la terre ne tremble-t-elle pas tous les jours, si elle porte sur un noyau liquide? Pourquoi le feu central ne nous arrive-t-il pas à la surface du globe comme l'eau d'un lac arrive à la surface quand les glaçons viennent à se casser? Faites donc attention que nous sentirions sous nos pieds cette grande chaleur centrale que vous admettez, et que les glaces des pôles et celles des glaciers de la Suisse seraient bien vite fondues. — Suivant vos idées, un trou profond dans la terre, une cassure entre les roches disloquées des terrains accidentés deviendraient une véritable marmite dont le fond serait comme sur le feu, et qui, étant remplie d'eau par les sources souterraines, fournirait de l'eau bouillante par son trop-plein. Il suffirait ainsi de creuser une galerie profonde pour y avoir la chaleur de l'été! Comment expliquez-vous d'ailleurs

les volcans avec votre feu central? Si ce feu naturel fondait l'écorce qui fait notre continent, nous serions brûlés misérablement, nous et tous les objets qui nous environnent. » Puis viennent les questions : « Y aura-t-il bientôt des tremblements de terre? En quelle saison arrivent-ils? Peut-on les prévoir, s'en garantir, etc.? » Sans m'astreindre à suivre les questionneurs dans leurs exigences, voici des réponses catégoriques à toutes ces demandes.

D'abord il est important d'arriver à la fluidité centrale de la terre autrement que par des inductions théoriques. Si grande que soit l'autorité de Laplace, nous sommes loin des temps et des idées des pythagoriciens, qui se contentaient de l'αὐτὸς ἔφα, *le maître l'a dit.*

Or, dès qu'on s'enfonce dans la terre d'environ 31 mètres, on trouve la couche inférieure plus chaude de 1 degré, en sorte qu'à une profondeur assez petite comparativement aux dimensions de la planète, tout doit se trouver en fusion, surtout si l'on considère que tous les matériaux dont nous pouvons supposer que l'intérieur du globe est composé, comme les laves, les porphyres, les trachites, les pierres cornéennes, les amphiboles et tout ce que rejettent les volcans, sont des substances bien plus fusibles que le granit, les cailloux, les roches aluminiennes, tout ce qui enfin, sous l'influence de l'eau et des météores, s'est cristallisé et dégagé des mélanges par lesquels s'augmente en général la fusibilité des matériaux. On peut consulter là-dessus un Mémoire de M. Cordier, de l'Institut, où il a rassemblé tout ce que les observations faites dans des

mines profondes ont appris sur cet accroissement universel de température à mesure que l'on descend vers le centre de la terre, si bien qu'à une grande profondeur on n'aurait d'autre embarras que de se prémunir contre l'excès de la chaleur. Dans les mines de charbon de terre des Cornouailles et dans les mines de sel de Wieliçza en Pologne, la température est celle de l'été, et les chevaux y prennent un pelage noir et frisé en rapport avec l'influence de la température locale. Le forage du puits de Grenelle dans Paris a ramené des eaux à 27 degrés centigrades, et M. Walferdin, qui seul a pu sonder la température à de telles profondeurs en France et en Allemagne, a constaté un accroissement de 31 mètres environ dans la profondeur pour chaque degré de chaleur en plus. Si l'on eût pu atteindre une couche d'eau inférieure de 2 à 300 mètres, et qui est indiquée par quelques inductions géologiques, on eût ramené de l'eau toute chauffée pour bains et lavoirs publics et pour plusieurs usages domestiques où le combustible apporte ses inconvénients et sa cherté.

Pour ne plus y revenir, vu la simplicité de la chose, nous dirons que les eaux thermales sont le produit de sources qui tombent dans de profondes fissures ou cavités dont le fond est par conséquent fort chaud; et qu'elles ressortent de là en débordant par la chute de nouvelles quantités d'eau froide qui vont se réchauffer à leur tour et déborder ensuite. Rien de plus simple. On peut du reste, le long des falaises de Normandie, constater que les sources de fond qui sortent de dessous les plateaux étendus sont sensiblement à une tempéra-

ture plus élevée que les sources ordinaires et superficielles.

Il n'est pas rare de voir, à l'époque des tremblements de terre, des masses d'eau bouillante jaillir de dessous le sol entr'ouvert. C'est encore un des indices de la grande chaleur qui règne dans les profondeurs de la terre. Toutes les eaux souterraines qui s'infiltrent et font des amas à 3 ou 4 kilomètres au-dessous de la surface sont forcément des eaux bouillantes. Les faits sont ici par centaines.

Avant d'aller plus loin, je veux réfuter une erreur des plus accréditées. Plusieurs géologues ont imaginé que la vapeur d'eau pouvait produire les soulèvements qu'on observe dans les masses continentales, et que cet agent puissant, renfermé dans les entrailles de la terre, où la chaleur ne manque pas, pouvait exercer une réaction capable de mouvoir une couche de terrains et de roches de 60 kilomètres d'épaisseur. C'est une grande erreur physique. Tous ceux qui ont essayé de représenter par une formule la force croissante de la vapeur d'une eau de plus en plus échauffée ont reconnu que cette force tendait vers une limite qu'elle ne pouvait pas dépasser. Ceci est peut-être un peu sérieux pour nos lecteurs, mais qu'ils veuillent bien prendre la peine de suivre ce raisonnement : J'ai de l'eau et de la vapeur dans un vase de fer battu d'une résistance indéfinie et j'active le feu. A mesure que de nouvelles quantités de chaleur s'insinuent dans l'eau au travers du fer, il s'ajoute de nouvelles quantités de vapeur aux quantités déjà formées, et la force élastique s'accroît. Si le vase de fer n'est pas à l'épreuve,

il se brise en éclats dangereux comme ceux d'une bombe; mais s'il résiste, voici ce qui se passe : à force de s'accumuler, la vapeur devient tellement compacte, que l'attraction qu'exercent ses particules l'une sur l'autre balance le ressort qui naît de l'accession d'une nouvelle quantité de vapeur, et que le ressort de la masse *diminue*. Les gaz sont dans le même cas. A force d'être condensés, l'attraction prédomine enfin. Dans plusieurs expériences fort périlleuses que j'ai tentées en arrêtant mécaniquement des dégagements gazeux, et notamment celui de l'hydrogène, l'accroissement de la force n'était point en proportion de l'accroissement de la quantité du gaz : il y avait donc contre-balancement de la force élastique de ce dernier. Dans les expériences déjà citées de M. Cagniard de la Tour, la force des vapeurs compactes produites dans les appareils n'était point en proportion avec la grande condensation de ces espèces de *liquides élastiques*. Il faut donc renoncer à toute cette belle théorie d'Aristote, qui faisait des gaz et des vapeurs renfermés dans la terre l'agent des tremblements de terre et des soulèvements partiels de terrain. « Il y a, dit Ovide, près de Trézène une colline élevée et sans arbres dont l'origine est due à la force des vents, qui, renfermés dans le sein de la terre et essayant de se faire jour sans succès, ont renflé la terre de la plaine comme le souffle de l'homme fait bomber une outre. La terre s'est ensuite endurcie dans sa nouvelle forme, et nous présente l'aspect d'une haute colline. » On peut voir dans les admirables observations de M. de Humboldt des faits presque contemporains tout semblables à ceux qu'Ovide place à

côté du nom de Thésée. Aujourd'hui le géologue qui peut dire avec Racine :

A peine nous sortions des portes de Trézène

ne manque pas de réciter les vers d'Ovide et de penser aux voyages de M. de Humboldt.

Laissons la vapeur d'eau produire les effets qui sont dans sa nature, entraîner nos wagons sur nos voies ferrées avec la rapidité des chevaux de course lancés à fond de train sous le poids de maigres jockeys adroitement identifiés avec l'animal qu'ils guident, et faisant 1 ½ kilomètre par minute. Laissons cette vapeur dans les *geysers* de l'Islande soulever des colonnes d'eau plus que bouillante, de 100 mètres de hauteur. Laissons Joseph Banks et ses compagnons faire cuire leurs pièces de viande et leurs poissons à ces calorifères infernaux, au risque d'éclaboussures fort malsaines et impossibles à prévenir. Pour mouvoir des continents, il faut d'autres forces que celles de la vapeur d'eau et de toutes les vapeurs connues. Il faut la réaction du feu central, du gaz central, pour ébranler la surface actuelle de la terre au point d'encroûtement où elle est aujourd'hui parvenue. Quand on veut entraîner une voiture, il ne faut pas y atteler un chien ; quand on veut faire courir un train de wagons, il ne faut pas y atteler un cheval ; quand on veut mouvoir des continents de 60 kilomètres d'épaisseur, il ne faut pas y faire travailler la force insuffisante de la vapeur.

La croûte ou écorce du globe terrestre, épaissie par un refroidissement de plusieurs millions de siècles, offre aujourd'hui une assiette solide aux habitants de la

terre et des mers. Cependant, comme l'état actuel a été précédé de rechutes nombreuses à mesure que le noyau du globe allait en se refroidissant et en se réduisant de volume, beaucoup de fragments de terrain solide mal agrégés entre eux menacent ruine quand les agents mécaniques viennent les ébranler dans l'état incertain d'équilibre où ils ont été amenés depuis longtemps. En un mot, tous ceux auxquels la stabilité a manqué sont retombés sur le noyau central, et tous ceux qui étaient un peu plus solides menacent ruine aujourd'hui. Les premiers se sont enfoncés hier, les autres crouleront demain.

Lorsque la rechute des masses continentales vers le centre de la terre a lieu tout d'une pièce et sans soubresauts, les mouvements du sol n'ont rien de bien dangereux; mais c'est surtout aux extrémités des continents, aux limites de la terre et de la mer, que la continuité est interrompue et que la même cause d'empilement qui a maintenu ces localités au-dessus de la mer les agite plus ensuite que tous les autres points. Telle est l'explication de l'influence du voisinage de la mer, laquelle est ici fort innocente des désastres dus à la mobilité du sol et à l'état brisé des couches amoncelées sur les rivages. Ces jours derniers, on a observé quelques légères oscillations au Havre, et, au XVIIIe siècle, la ville de Honfleur, qui est en face du Havre, fut effrayée par les roulements d'un tonnerre souterrain, qui du reste ne fut accompagné d'aucun tremblement de terre.

Ces bruits souterrains, *ruidos*, ont toujours causé beaucoup de frayeur aux habitants des localités où ils

ont été entendus, et ils n'ont pas moins exercé la sagacité des physiciens, qui se croient obligés de tout expliquer dans la nature. Le flottement des continents sur un noyau fondu et liquide nous en donnera une très-plausible raison. Si, dans les mers glacées du pôle, où flottent ce qu'on appelle si justement des champs de glace, un courant inférieur passe sans entraîner les blocs à demi soudés qui hérissent la surface de la mer polaire, alors ce courant qui passe au-dessous, entraînant avec lui des masses submergées, les fait heurter contre les blocs supérieurs et produit d'effroyables retentissements, de véritables explosions de chocs réitérés, qui doivent avoir leurs analogues dans les déplacements du fluide intérieur du globe entraînant avec lui des débris de continents submergés, qui heurtent aussi en dessous la masse qui porte nos villes et nos campagnes comme le fond déprimé du bassin des mers

Mais de toutes les manifestations du feu central, la plus indubitable, c'est l'action des volcans, dont la terre est à la lettre criblée, du moins quand on met en ligne de compte, non-seulement ceux qui ont fait éruption depuis les âges historiques, mais encore ceux dont l'existence est mise hors de doute par les produits ordinaires des volcans, savoir des épanchements de lave, des basaltes, des sables volcaniques et toutes les roches dont l'origine ignée n'est pas douteuse. Bien plus, dans les couches relevées de hautes montagnes, on reconnaît des laves qui, dans une période antérieure à la nôtre, avaient pénétré au travers de l'écorce d'alors de notre globe, et qui depuis ont été soulevées, disloquées, inclinées avec les couches qu'elles avaient

pénétrées antérieurement. Mais, dira-t-on, en admettant une rupture dans une plaine continentale, une crevasse, une fente dans le terrain et qui pénètre au travers, comment les matériaux en fusion du noyau central nous arriveront-ils?

D'abord je remarquerai que la disposition des volcans sur le globe est précisément d'accord avec cette idée de fissure longitudinale s'étendant en longue ligne droite ou sinueuse. Tous les volcans du monde sont ainsi alignés par séries nombreuses qui suivent les lignes de brisement de la croûte du globe, soit le long du faîte, soit le long de l'enfoncement qui constitue la rupture des couches primitives. Tels sont les volcans d'Auvergne, prolongés le long de l'arête saillante de la France centrale du nord au sud. Telle est surtout la formidable ligne volcanique qui suit les sommets de la Cordillère américaine de l'ouest, le long des côtes occidentales, depuis la Californie jusqu'au Chili, en passant par le Mexique et le Pérou. Partout une longue ligne de rupture a produit une longue ligne de bouches volcaniques. On conçoit facilement qu'au moment où le sol se brise, le fluide intérieur, n'ayant plus à supporter les 60 kilomètres de terre qui pesaient sur lui, s'élève et s'élance dans l'ouverture faite, et cela exactement comme l'eau s'élève et s'élance entre les glaçons d'un lac dont on brise la croûte solide; mais, après avoir un peu dépassé le niveau et vomi un peu de matière liquide, qui est de la lave; le fluide central, plus lourd et plus compacte que les continents qui flottent sur lui, rentre dans l'ouverture et s'y tient au-dessous du niveau de la glace en vertu de son excès de pesanteur. L'assimi-

lation est complète, et si de plus on admet que par un froid prolongé l'eau qui est entre les glaçons vienne à se solidifier et à ressouder pour ainsi dire la surface, on comprendra que la lave, après s'être élevée à la hauteur convenable à son poids spécifique, se solidifie ensuite, ferme la communication entre l'intérieur et l'extérieur de notre globe, et ressoude l'enveloppe fracturée de la terre. Plusieurs volcans, parmi lesquels on peut citer, je pense, le Mowna-Roa des îles Sandwich, semblent être une communication fluide avec le feu central, et la hauteur des plaines de lave du cratère intérieur serait bien curieuse à déterminer. Du haut de ses bords, qui forment un vaste cirque de 5,000 mètres d'élévation, on peut contempler un beau spécimen du feu central aboutissant à la surface du globe, et qui plus tard se changera en une plaine de lave solidifiée fermant la communication avec le noyau central et complétant l'enveloppe totale de la terre.

Il va sans dire que les tremblements de terre sont un accompagnement presque obligé de toute éruption volcanique. Il serait difficile d'admettre que le sol, en se brisant, le fît avec un tel calme et avec si peu de secousses, qu'il n'en résultât aucun déplacement de niveau; mais l'apparition d'un volcan n'est pas réciproquement la suite forcée d'un tremblement de terre, car on conçoit que le sol et les couches du terrain peuvent retomber à un état d'équilibre plus stable sans pour cela livrer passage au fluide igné sur lequel ils flottent.

On doit à M. de Humboldt d'avoir bien établi que le noyau central du globe réagit de l'intérieur à l'extérieur

pour pousser le fluide incandescent au travers des ouvertures que tout changement de forme doit déterminer. Ce fait important s'explique facilement par la pression des continents sur le noyau central, laquelle pression force le liquide intérieur à s'insinuer dans tout espace vide avec lequel il peut communiquer soit latéralement, soit de bas en haut. Cependant cette pression ne suffit point pour rendre compte de certaines éruptions des plus violentes, et dans lesquelles ce n'est pas la lave qui paraît, mais une colonne de 18 à 20 kilomètres qui se fait jour au travers de l'atmosphère avec une force irrésistible, et dont la matière, évidemment de nature élastique et gazeuse, retombe en pluie fine de sable volcanique. C'est, pour ainsi dire, de la lave gazeuse qui s'échappe du sein entr'ouvert de la terre, et nous apporte un témoignage irrécusable de l'existence de la couche élastique que Laplace admet pour le noyau terrestre au-dessous de la couche liquide de lave qui s'épanche des cratères avec des paroxysmes bien moins intenses que ceux qui accompagnent la sortie du gaz plus central.

Pour bien établir l'ordre des trois substances qui composent l'ensemble du globe, nous mentionnerons d'abord l'enveloppe solide formant le sol universel de la terre, tant celui que nos continents nous montrent à ciel ouvert que celui qui est recouvert par les eaux des divers océans auxquels il sert de fond et dont il dessine les bassins. D'après la profondeur à laquelle toutes les matières connues de l'intérieur du globe seraient fondues et fluides, l'épaisseur de cette couche solide peut dépasser 60 kilomètres. C'est à peu près la hauteur de

l'atmosphère aérienne limitée au point où elle cesse d'être perceptible à nos sens, c'est un peu moins que la centième partie de la distance de la surface au centre de la terre. Il n'y a donc qu'une petite partie de notre globe qui soit refroidie et solidifiée. L'ensemble est encore une vaste sphère de feu recouverte d'une pellicule comparable à la fine pellicule qui enveloppe une prune ou un grain de raisin, quoique comparativement la pellicule du globe soit bien moins épaisse que celle des fruits ordinaires et notamment que l'écorce de l'orange, dont la forme aplatie est ordinairement prise pour type de celle de la terre.

Au-dessous de cette enveloppe ou écorce terrestre solide se trouve une couche de matière liquide en fusion généralement désignée sous le nom de lave, et que presque tous les géologues considèrent comme constituant à elle seule le globe entier au-dessous des continents qui flottent sur cette mer de feu. Telle n'est pas notre opinion. Nous admettons, avec Laplace, le noyau central comme doué d'une puissante élasticité gazeuse en même temps qu'il est plus compacte et plus lourd que les continents et la lave qui porte ces derniers, et qui est portée elle-même sur le gaz compacte intérieur. Suivant nous, c'est ce gaz, la plus lourde des trois espèces de matériaux du globe, qui constitue, au-dessous d'une couche liquide de lave peu épaisse, le véritable noyau incandescent du globe que l'on sait être cinq fois et demie plus pesant que l'eau, au poids de laquelle on rapporte tout. La lave flotte donc sur ce gaz plus lourd, comme les continents flottent sur la lave plus lourde qu'eux. Ainsi, en pénétrant vers le centre de la terre,

à partir des espaces célestes, on trouve d'abord le gaz léger ou l'air formant autour du globe une mer sans limites ni rivages, et portée sur les océans et les continents plus compactes que l'atmosphère; de même les océans reposent par leur fond sur l'enveloppe terrestre, qui est deux ou trois fois plus pesante que les eaux des mers; ensuite la croûte ou enveloppe terrestre repose et flotte sur la lave encore plus lourde qu'elle; enfin celle-ci repose et flotte elle-même sur le gaz intérieur, le plus lourd de tous les matériaux de notre globe. Ajoutons que la lave n'est point d'un degré de poids spécifique qui permette d'en constituer la totalité du globe terrestre. Bien des indices même semblent établir que la couche de lave est peu épaisse, et que dans les éruptions violentes elle manque promptement et fait place au gaz qu'elle recouvrait d'abord, lequel pousse avec furie ses colonnes à ressort irrésistible au travers de l'atmosphère, jusqu'à ce que leur refroidissement rapide les précipite en pluies de sables, mal à propos appelées pluies de cendres. C'est une pluie pareille, sortie du Vésuve, qui suffoqua Pline le naturaliste, qu'une vive curiosité scientifique poussait vers ce phénomène grandiose. Le célèbre philosophe grec Empédocle paraît avoir été une des victimes de l'Etna, dont il contemplait de trop près et *de sang-froid les feux ardents*, suivant le pitoyable jeu de mots d'Horace :

Ardentem frigidus Ætnam.

Je crois me souvenir que dans un entretien avec M. Boussingault, où je *fauchais* en plein dans sa riche moisson d'observations volcaniques, ce savant acadé-

micien me dit qu'il n'avait vu que peu ou point de lave dans la Cordillère équatoriale. Le fait est que les volcans très-élevés ne peuvent faire déborder la lave par le haut de leur cratère. L'Etna, qui de tous les volcans connus est celui qui pousse ses laves à une plus grande élévation, ne les déverse jamais du sommet toujours neigeux de sa région déserte. Ordinairement les flancs de la montagne crèvent sous l'effort du lourd fluide soulevé, et le fleuve embrasé se fait jour vers les plaines fertiles de la Sicile, qu'il stérilise pour bien des siècles à venir. Les écrits d'Empédocle ne nous sont point parvenus, et la science y a sans doute beaucoup perdu, car ce philosophe paraît, contre l'usage des philosophes grecs, avoir été un observateur autant qu'un raisonneur et un homme d'imagination. C'est de lui que Lucrèce a dit qu'il avait tiré du sanctuaire de son âme des oracles plus sacrés et plus certains que ceux que rend la Pythie, qui parle le laurier en tête et assise sur le trépied d'Apollon :

Sanctiùs, et certà multo ratione magis quàm
Pythia, quæ tripode ex Phœbi lauroque profatur.

Je reprends ici une des raisons qu'on a d'exclure la vapeur d'entre les causes qu'on peut assigner aux convulsions du sol : c'est qu'à une certaine profondeur il n'y a plus d'eau possible, à cause de la trop grande chaleur. Ainsi, non-seulement la force de la vapeur d'eau serait impuissante, mais de plus il n'y a pas de vapeur dans les entrailles de la terre, car il n'y a point d'eau. Ceci répond encore à une lettre qui m'a été adressée, et dont l'auteur attribue la diminution graduelle, bien

constatée de siècle en siècle, de tous les fleuves d'Europe à l'infiltration des eaux douces dans le sein de la terre. Or la chaleur centrale s'oppose à cette pénétration, et à 4 kilomètres de profondeur tout est sec et déjà brûlant dans l'intérieur de notre planète.

Une autre prétendue cause des tremblements de terre dont il est bon de faire justice, c'est l'action de la lune. On sait que par l'attraction de notre satellite, renforcée de celle du soleil, l'Océan, tourmenté sous cette force invisible, soulève ses flots au milieu du calme le plus profond, et envahit momentanément ses vastes grèves. Le 25 de ce mois de septembre par exemple aura lieu une des plus belles marées du siècle. Les observateurs placés sur les quais de Quillebœuf, à l'embouchure de la Seine, verront arriver l'Océan sur une largeur de 10 à 12 kilomètres, pour se briser sur les jetées et sur les plages environnantes. Un instant après, ce fleuve remontera vers sa source avec une vitesse torrentielle, et l'on pourra contempler le mouvement des masses les plus imposantes que la nature puisse déplacer. Les recherches statistiques de M. Alexis Perrey, aussi bien que celles de trois auteurs allemands que cite M. de Humboldt, semblent établir que c'est à l'époque des grandes marées qu'ont principalement lieu les tremblements de terre, d'où l'on concluait que l'action attractive de la lune et du soleil pouvait influer sur la stabilité de nos continents solides. Il n'en est rien. Le calcul démontre que la force soulevante de la lune ne produirait pas à beaucoup près l'effet que ferait le poids d'une couche d'un tiers de mètre d'épaisseur. Or, comme personne n'admettra qu'un terrassement de 30 centimètres

puisse disloquer les continents, cette nouvelle cause des tremblements de terre va rejoindre la cause précédemment examinée, savoir le ressort élastique de la vapeur d'eau.

A ce propos, je suis bien aise de régler un petit compte avec quelques critiques, d'ailleurs fort bienveillants, qui désirent que je mette un peu plus de mathématiques et de formules dans mes études. Donc, pour s'assurer de la vérité de l'assertion qui précède sur le peu d'énergie de l'action lunaire, les amateurs d'analyse voudront bien mettre la main à la plume et prendre l'intégrale de deux fois la masse de la lune multipliée par la distance au centre de la terre et par la différentielle de la même distance, le tout étant divisé par le cube de la distance de la lune à la terre. Ils trouveront pour résultat, entre les limites du rayon de la terre, la masse de la lune multipliée par le carré du rayon terrestre et divisée par le cube de la distance lunaire. Cette force, comparée à la pesanteur, devient égale au rapport des masses de la terre et de la lune multiplié par le cube du rapport du rayon de la terre à la distance de la lune. Or, d'après la détermination récente de M. Le Verrier, la masse de la lune est la quatre-vingt-quatrième partie de celle de la terre, et de plus on sait que la distance de la lune à la terre est égale à soixante fois le rayon de la terre. Avec ces données, on trouve que la pesanteur n'est diminuée que d'un dix-huit millionième, ce qui, sur un rayon d'environ 6,000,000 de mètres, ne fait qu'à peu près un tiers de mètre. Tel est l'effet minime de cet astre. Il est évident que la lune a été calomniée quand on a voulu la rendre responsable des dés-

astres que produisent les secousses des tremblements du globe.

Pour faire encore mieux comprendre le peu d'action de la lune sur les objets placés ici-bas, je dirai que sur un corps pesant 90 kilogrammes la diminution de poids ne serait que de 1 centigramme. Ainsi un homme qui marche ayant la lune au-dessus de sa tête n'a pas son poids diminué de cette quantité. C'est la centième partie du poids d'une pièce d'argent de 20 centimes.

Les limites d'un article scientifique, basées naturellement sur le degré d'attention que l'esprit peut donner sans se fatiguer aux sujets sérieux, me forcent à remettre ce qui nous reste à examiner et à éclaircir sur toute cette importante théorie de la constitution intime de notre globe et sur les déductions et applications qui s'ensuivent. Je ne dirai qu'un mot encore en finissant sur ces singulières paniques, ces épidémies de terreur, qui de temps en temps saisissent les populations entières, et prennent les proportions d'une vraie calamité publique. Vers les trois quarts du siècle dernier, ce furent les comètes qui causèrent cette frayeur. Le mot de *fin du monde* était dans toutes les bouches, et les instructions publiées par des autorités éclairées étaient regardées comme des précautions de police prises sans conviction par les dépositaires du pouvoir. La même frayeur se répandit vers 1825 à propos d'une faute d'impression qui s'était glissée dans un almanach maritime annonçant une marée de 1133 mètres au lieu d'une marée de 113. Tout le littoral de la France et de la Belgique attendait la fin du monde par un déluge d'eau salée, et, en attendant la catastrophe, plusieurs personnes furent

malades par l'effet de l'imagination. Ces jours derniers, les tremblements de terre ont failli avoir l'honneur d'une petite panique de fin du monde, malgré la stabilité du sol de la France et sa pente régulière vers l'Atlantique. Il semble que les gens du monde ne devraient se passionner pour la peur qu'après en avoir obtenu la permission des Académies, du moins dans les choses qui ont rapport à la science. Chez nos ancêtres, les jours de pleine lune et de nouvelle lune, les quartiers de croissance et de décours, exerçaient une influence très-réelle sur les malades, quoique rien ne soit plus chimérique que cette influence prétendue. Les Orientaux font le conte que voici : Un saint derviche en prières au lever du soleil, dans les environs du Caire, voit un fantôme qui se dirige vers la ville. « Qui es-tu? — La peste. — Où vas-tu? — Au Caire. — Pour quel motif? — Pour y tuer quinze mille hommes. — N'y a-t-il pas moyen de t'arrêter? — Non, c'est écrit. — Va donc, mais n'en tue pas un seul de trop. » A la fin de la contagion, la même rencontre se renouvelle. « Tu viens du Caire? — Oui. — Qu'y as-tu fait? — J'y ai tué quinze mille hommes. — Tu mens, car il en est mort trente mille! — J'en ai tué quinze mille, les quinze mille autres sont morts de peur. »

La réponse à la question : « Pourquoi la terre ne tremble-t-elle pas tous les jours? » c'est l'affirmative. En prenant le monde dans son ensemble, il n'est pas un jour où quelque contrée n'éprouve un de ces ébranlements provenant d'un tassement et d'une rechute des masses continentales vers le centre de la planète. Ces légers brisements de l'écorce du globe ne sont qu'une

miniature de la grande catastrophe qui, il y a un petit nombre de mille ans, déprimant et noyant les anciens continents, soulevant et desséchant les continents actuels, circonscrivant le bassin des mers, élevant par entassement les montagnes, établit l'ordre actuel des choses à la surface de la terre, et, par suite du changement de l'état météorologique de la nature entière, substitua un autre règne animal et un autre règne végétal aux anciens règnes organiques, enfin introduisit ce qu'on commence à appeler le *quatrième règne*, savoir celui des êtres doués d'intelligence.

On sait que tout le littoral de la Baltique continue à se soulever graduellement, et j'ai moi-même constaté que toute la côte de France qui borde l'Atlantique s'élève de siècle en siècle d'une quantité sensible. Les cales des vaisseaux établies à Rochefort du temps de Louis XIV sont aujourd'hui de plus d'un mètre audessus des cales modernes. Les marais salants du littoral de l'Aunis passent successivement à l'état de *marais-gâts*, c'est-à-dire abandonnés par la mer, non pas que celle-ci se retire, mais bien parce que le sol se soulève réellement. C'est le contraire du sens exprimé par le fameux vers d'Ovide

Crescunt terræ decrescentibus undis.
Et la terre s'accroît par le décroît des eaux.

Le vers français est, je crois, de Chapelain. Je le répète, le sol mobile s'est soulevé. Il en est de même à Brouage, petite ville forte du temps de Richelieu, et d'où la *malaria* a chassé tous les habitants. Les murs de la ville portent encore les anneaux où s'amarraient

les vaisseaux de Louis XIII; mais les fossés ne pourraient admettre aujourd'hui que de faibles barques, et encore au moment de la haute mer. Parmi les innombrables autorités que je pourrais invoquer sur l'Océan comme sur la Méditerranée, je prends le passage du continent dans l'île de Noirmoutiers, passage facile aujourd'hui même avec un cheval ou un âne, et qui, du temps de Henri IV, était parfois fort dangereux. C'était au point qu'un soir, se disposant à s'embarquer pour l'île, où l'attendaient une société choisie de dames et de seigneurs, une chère excellente et une belle partie de jeu, le roi fut forcé de passer la nuit très-mal à l'aise dans la cabane du batelier, malheureux de l'incommodité présente comme du regret des jouissances qu'il n'avait qu'en perspective. Le fait géologique du changement d'état de ce passage acquiert une certitude complète par la connaissance du caractère du personnage, que tout le monde sait avoir été aussi brave que vicieux.

On ne saurait trop répéter du reste que les grandes catastrophes, les changements universels n'ont lieu qu'à des époques prodigieusement éloignées les unes des autres. Pour former les dépôts qui séparent les époques antérieures à la nôtre, il a fallu des millions de siècles, et comme la dernière catastrophe ne date que de six mille ans, le genre humain peut être rassuré pour longtemps encore, sauf les petits soulèvements, les petites rechutes, les petites dislocations locales, les petits retours à l'équilibre, qui ne sont rien pour l'immense nature, mais qui sont beaucoup pour l'homme, qui n'est grand que par l'intelligence.

Les astronomes et les physiciens, qui ont conquis le monde des infiniment grands et celui des infiniment petits par la précision inconcevable de leurs moyens d'observation, se plaignent universellement de *l'instabilité de la terre*. Depuis l'Allemagne jusqu'en Amérique, depuis l'Inde jusqu'à la pointe méridionale de l'Afrique, en Angleterre, en France, en Italie, les lunettes et les niveaux décèlent un sol flottant, comme le serait le vaste pont d'un vaisseau de guerre dans un port calme. On voit l'étoile polaire troublée dans sa distance au pôle par d'inexplicables oscillations, dont l'instabilité bien avérée de nos continents nous dévoile aujourd'hui la cause. Et qu'on ne croie pas que ces minimes causes d'erreurs soient de peu de conséquence pour les astronomes, au moral comme au physique. J'ai parlé, à l'occasion des comètes, de ces passions froides qui sont plus puissantes encore que les passions fougueuses. Sans rappeler le conte de l'antiquité sur Aristote, que l'on prétend s'être jeté de dépit dans l'Euripe, parce qu'il ne pouvait pénétrer le secret des marées de ce détroit, nous avons dans ce siècle l'exemple de deux astronomes morts *littéralement* de chagrin pour cause de discordance dans leurs observations. Quand les astronomes sentent osciller la terre au moyen de leurs lunettes, qui semblent osciller dans le ciel étoilé, on peut être assuré qu'elle oscille bien réellement et d'une manière tout à fait irrégulière. Nous retrouverons tout à l'heure ces curieuses observations, quand nous examinerons si les pôles ou pivots de la terre ne sont point ébranlés par les secousses du sol, ou si l'effet de ces commotions qui nous paraissent si fortes n'est point

comme insensible par rapport à la masse entière du globe.

Ceux à qui l'on montre par la pensée un abîme de feu sous nos pieds, avec la seule épaisseur de l'écorce du globe qui nous en sépare, sont préoccupés tout de suite de la sensation de chaleur que nous devrions sentir par ce voisinage. Plusieurs auteurs ont cru que la végétation était activée par ce feu souterrain; il n'en est pourtant rien. On a cultivé un terrain placé sur une couche de glace permanente faisant glacière, et le blé y a crû comme sur un terrain ordinaire. Dans la Sibérie du nord, où le sol ne dégèle jamais, la croissance rapide des plantes dans la couche dégelée, qui n'excède pas 2 mètres de profondeur, montre bien que la chaleur centrale n'est pour rien dans la cause qui produit la végétation, et qui n'est exclusivement que la chaleur solaire. La chaleur traverse rapidement les corps minces; mais quand l'épaisseur devient considérable, le passage de cette chaleur devient fort lent, même au travers des masses métalliques. J'ai vu dans les fonderies d'artillerie des blocs de cuivre qu'on venait de fondre, et qui n'avaient pas plus d'un demi-mètre en tous sens, conserver plusieurs jours leur chaleur centrale, en sorte qu'au moment même où ils semblaient assez refroidis pour qu'on pût les toucher impunément, si on les couvrait d'une substance qui arrêtât le refroidissement de la surface, ce corps posé dessus prenait feu. Je citerai encore un exemple curieux. Des voyageurs égarés dans les hautes régions désertes de l'Etna, au milieu des poussières volcaniques, étaient tourmentés de la soif, comme cela

semble naturel dans une contrée qui est le domaine exclusif des feux et des matières ignées. Un des guides, enfonçant par hasard un bâton ferré dans le sable brûlé et croulant, s'aperçoit que la pointe de fer mord dans quelque chose d'inaccoutumé : c'était une couche de neige et de glace que les éruptions du volcan avaient recouverte de matière volcanique *sans la fondre entièrement*, tant la chaleur envahit lentement les masses épaisses. Il est bien entendu que nos voyageurs profitèrent de l'utile dépôt respecté par les feux du dedans et du dehors de la montagne. Tous ceux qui arrivent aujourd'hui du Vésuve ne tarissent pas sur le peu d'épaisseur qu'il faut mettre entre le fleuve de feu et la chaussure du voyageur pour que celle-ci reste intacte. Fourier, d'après les notions de la physique moderne, a calculé que la chaleur qui peut traverser l'écorce du globe, même en la supposant aussi perméable que les métaux, ne ferait pas, à beaucoup près, un millième de degré de notre thermomètre, et qu'ainsi, météorologiquement parlant, l'effet en est complétement nul.

Voici quelque chose de moins sérieux pour ceux qui voudront bien comprendre comment il est possible qu'une très-petite couche de substance interposée arrête le progrès de la chaleur. L'historien Mézeray, homme grave et penseur, quoique assez excentrique dans ses manières, voit un jour entrer dans son cabinet une toute petite fille qui vient lui demander du feu. Il n'y avait peut-être pas à cette époque une seule maison, un seul ménage en France où il n'y eût un vieux sabot cassé destiné à aller chercher du feu chez les voi-

4..

sins en cas d'extinction de celui qu'on couvrait de cendre tous les soirs. « Volontiers, ma petite, mais tu n'as pas de sabot? — Oh! monsieur, si vous voulez le permettre, j'en prendrai bien tout de même. — Fais. » Alors l'enfant, s'accroupissant près du foyer, couvrit sa petite main gauche de cendre, et de la droite elle chargea cette cendre de charbons allumés qu'elle emporta en remerciant et sans aucune crainte de brûlure. « Tout philosophe que je suis, dit tout haut l'atrabilaire collaborateur du *Dictionnaire de l'Académie*, je ne me serais jamais avisé d'un tel expédient! »

Comme la cendre et le sable, on trouve que le charbon pilé, le duvet de cygne, celui de l'édredon, et plusieurs espèces de fourrures, sont presque imperméables à la chaleur. Les moules de sable, où l'on fond et coule les boulets et les bombes, sont froids à une petite distance du fer fondu, et les pauvres ramoneurs de la Savoie et de l'Auvergne trouvent dans un sac de suie l'équivalent du somptueux édredon enfermé dans la soie qui recouvre les lits de l'opulence.

Une dame qui avait suivi avec attention les considérations que je développe ici me fit cette observation : « Je suis enchantée de savoir qu'il passe si peu de chaleur au travers de l'écorce terrestre, et que par conséquent il faille tant d'années au globe pour se refroidir! — Et pourquoi donc, puisque la chaleur que nous recevons de l'intérieur de notre planète ne peut influer en rien sur les saisons et sur les productions de la nature? — Le voici : c'est que, la terre mettant très-longtemps à se refroidir, le noyau fondu et élastique qui porte nos continents sera extrêmement longtemps à

perdre sa force par le refroidissement, et qu'il sera encore pendant bien des millions de siècles capable de porter nos continents actuels. Cela me rassure pour l'avenir. — Parfaitement raisonné, madame, et je ferai part de votre observation au public. »

A l'époque qui a précédé la nôtre, y avait-il plus ou moins de terrain à découvert? En un mot, les mers occupaient-elles plus ou moins d'espace qu'elles n'en occupent maintenant? Je crois qu'on peut présumer que les saillies du sol étaient moins prononcées quand l'épaisseur des continents était moindre, et que les primitives rechutes de la surface du globe, s'opérant dans un terrain moins épais, avaient dû enfoncer et creuser beaucoup moins les bassins des mers. Au reste, la science moderne marche vers la solution de ces questions, que l'on ne peut atteindre avant d'avoir recueilli les données qui nous manquent encore. On a placé sur nos cartes modernes de géographie physique non-seulement les diverses races d'hommes, mais encore toutes les races d'animaux, d'oiseaux, d'insectes, de végétaux, tant ceux de la terre que ceux de la mer. Si nous avions ces mêmes renseignements pour les habitants de notre globe à l'époque antérieure à l'homme, nous pourrions poser les limites de la terre et des eaux, ou, comme disaient les Grecs, *du sec ou du mouillé* (ξηρον και υγρον) à cette même époque. Les géologues travaillent activement à cette belle œuvre d'après la distribution géographique des restes fossiles des diverses races éteintes. Malheureusement, comme l'Océan occupe sans doute aujourd'hui une grande partie des terrains qui étaient à découvert dans la période qui a précédé la nôtre, il est

à craindre que les notions que peut atteindre la science de l'homme ne restent toujours incomplètes.

On m'a demandé de préciser l'observation de M. de Humboldt relative à un terrain soulevé en Amérique de la même manière que celui de Trézène dans l'Attique. Voici des détails. C'est en 1757, au Mexique, qu'un terrain de trois à quatre milles carrés se souleva en forme de vessie qui se gonfle. On reconnaît encore aujourd'hui par les couches disloquées les limites où le soulèvement s'arrêta. Sur ces limites, l'élévation du terrain au-dessus de son niveau primitif, ou bien au-dessus de la plaine environnante, n'est que de 12 mètres; mais, vers le centre de l'espace soulevé, l'exhaussement total n'a pas moins de 160 mètres. Ce phénomène avait été précédé de tremblements de terre qui avaient duré deux mois; mais quand le soulèvement s'opéra, tout était tranquille. Il se forma des milliers de petits volcans d'une à deux fois la hauteur d'un homme. Ces petits volcans microscopiques sont célèbres sous le nom de *fours* (*hornitos*) que leur donnèrent les indigènes. Enfin, au bout d'une longue crevasse du terrain, un véritable volcan, le Jorullo, de 4 à 500 mètres de hauteur, annonça son existence en vomissant des laves basaltiques. En 1822, à la suite du tremblement de terre qui détruisit en trois minutes les villes de Valparaiso, de Mélipilla, de Quillota et de Casablanca, au Chili, toute la côte américaine fut soulevée de 1 à 2 mètres. Les bancs d'huîtres qui affleuraient la surface de la mer étaient soulevés de cette quantité hors de l'eau.

Il y a des faits géologiques qui ont été tant de fois

cités, qu'ils font l'effet de ces anecdotes que tout le monde sait, et dont il suffit de prononcer le premier mot pour qu'on puisse se dispenser de conter l'histoire entière. Telle est l'apparition de l'île voisine de Santorin (Saint-Irénée) en 1707; telle est aussi l'apparition momentanée de l'île Julia ou Graham en 1831. Cette île, pendant le peu de mois de son existence éphémère (de juillet à décembre), reçut la visite de Walter Scott presque mourant qui se rendait à Naples. Cependant le romancier survécut à l'île. Enfin on n'est pas moins las des redites sur le temple de Sérapis, dans la baie de Baïa, lequel, entre le IIIe et le XVIe siècle, s'est à une époque inconnue enfoncé sous la mer avec le sol qui le portait pour reparaître plus tard avec ses colonnes percées par les coquillages qui attaquent la pierre et s'y logent. On ne sait si la catastrophe a été subite ou si la dépression a été graduelle ou lente. Le terrain parait aujourd'hui s'abaisser un peu d'année en année. Au reste, ce prétendu temple de Sérapis n'est pas plus, dit-on, un temple de Sérapis que la colonne d'Alexandrie n'est la colonne de Pompée, dont elle porte le nom. Si le lecteur se souvient de ce que j'ai dit sur la catastrophe de la Jamaïque, où le sol du quai fut tellement abaissé, que la mer atteignait le faîte des maisons, il lui est facile de juger que si une future commotion relève quelque église engloutie, on observera sur ses murs l'empreinte des animaux marins et des mollusques qui s'y seront attachés. Un fait moins banal est celui des massives pagodes de Mélien-Waron, sur la côte de l'Inde, lesquelles, avec le sol qui les portait, sont descendues presque entièrement au-dessous du niveau de la mer,

dont les vagues se brisent contre ces singuliers écueils faits de main d'homme.

En voilà assez sur ce qu'on sait. Voyons maintenant ce qui nous reste à savoir, ou du moins ce qu'on peut espérer de savoir un jour. M. Biot a dit fort éloquemment : « Rien n'est aussi facile que ce que l'on a trouvé hier, mais rien n'est si difficile que ce qu'on trouvera demain. » C'est aussi de cette manière que raisonne la curiosité, toujours avide de l'inconnu. Une fois satisfaite, le prix des objets baisse sensiblement pour elle. L'esprit humain vient à peine d'enregistrer ses récentes découvertes, qu'il aspire à de nouveaux succès. Horace l'a dit dans un beau vers :

Transvolat in medio posita et fugentia captat.

La première de toutes les conséquences qui découlent de la constitution de la terre, c'est sa forme extérieure, qui est exactement celle d'un corps fluide tournant sur lui-même, et par suite se renflant à l'équateur, et s'aplatissant au pôle dans la forme d'une orange qui tournerait sur des pivots placés à l'extrémité de sa plus petite épaisseur. La France a eu l'initiative et l'honneur des expéditions destinées à la détermination de la figure de la terre, et dans le siècle dernier, tandis qu'une société d'académiciens partait pour le Pérou et l'équateur, d'autres, s'acheminant vers le sud, allaient, suivant Voltaire,

Geler auprès du pôle aplati par Newton.

Il est juste de dire que Newton n'était pas le premier

qui eût aplati la terre. Huygens l'avait fait avant lui, mais la cause d'aplatissement qu'il alléguait n'était pas la seule agissante. Depuis Louis XIV, il ne s'est pas écoulé cinquante ans de suite sans une expédition, en France ou au dehors, ayant pour but la détermination de la figure de notre globe. Les travaux des académiciens sur ce sujet sont aujourd'hui remplacés par ceux des officiers d'état-major, auxquels on doit la nouvelle carte de France et un grand nombre de travaux géodésiques du premier ordre, qui, avec l'intervention du directeur actuel de l'Observatoire de Paris et les longitudes électriques, vont atteindre le dernier degré de la perfection.

C'est à Louis XIV qu'il faut faire remonter l'honneur de la première mesure exacte de la terre. Il confia ce travail à l'abbé Picard, dont la réputation dans le monde littéraire n'est pas à la hauteur de son mérite. Cet excellent observateur adapta le premier des lunettes à ses instruments géodésiques. Il poussa ses triangles jusqu'à Amiens, et pour point de départ il mesura exactement une distance de 10 kilomètres sur la route de Paris à Fontainebleau. Cette localité doit être à jamais célèbre dans les fastes de la géodésie. Au-dessus de Villejuif commence une plaine immense, élevée de 80 à 100 mètres au-dessus du niveau de l'Océan, et qui atteint à son extrémité les premières maisons de Juvisy. La route traverse en ligne droite cette vaste étendue, qui n'offre aux regards rien de pittoresque. Pour toute contemplation, le vent y fait l'été onduler les épis d'un sol d'une fertilité rare. L'hiver, ce plateau se couvre d'un tapis de neige non moins monotone. La verdure

du printemps, le guérets de l'automne qui nous y montrent homériquement *la terre noircissant sous le travail de la charrue*, tout y est réglé et normal. C'est là le domaine exceptionnel de la météorologie pour les pluies, les rosées, les orages, les vents, la chaleur et les influences agricoles. Au milieu de cette *base* de l'abbé Picard, à la rencontre de la route qui vient de Versailles, quelques maisons formant le hameau de la Belle-Épine marquent l'origine des eaux qui vont sourdre plus bas, à quelques centaines de mètres, et qui alimentent l'aqueduc d'Arcueil. Là, loin de l'influence de la capitale, les saisons conservent leur type normal. Les nuits, peu semblables à celles de Paris, sont calmes et obscures.

On n'y voit que la nuit, n'entend que le silence,

pour emprunter l'expression de ce Delille auquel on refuse aujourd'hui le titre de poëte. Là sans doute on élèvera quelque jour un monument à l'abbé Picard. Ce fut sa mesure de la terre qui révéla à Newton qu'il tenait le secret de l'univers, l'attraction. La mesure de la terre par Picard lui disait : *Tu l'a trouvé !*

Voilà la terre définie dans son ensemble, mais les mesures modernes sont si précises, qu'on aperçoit mille petites irrégularités dans cette figure. J'ai hasardé depuis bien des années l'idée que cette vaste masse fluide ne tournait pas uniformément sur elle-même, et que les parties centrales tournaient un peu moins vite que les continents qui en constituent la surface. Cette théorie est d'accord avec l'idée des rechutes successives de l'enveloppe extérieure vers le centre, lesquelles ont dû

donner aux masses rapprochées du centre un surcroît de vitesse de rotation. Le calcul appliqué à cette hypothèse montre que vers les latitudes moyennes il doit se produire un renflement additif à la figure que prendrait une masse fluide tournant tout d'une pièce. Le fait du renflement semble mis hors de doute par les mesures géodésiques. Ainsi, tandis qu'en général la terre est une sphère aplatie d'un trois-centième, l'Europe et les latitudes moyennes semblent appartenir à une sphère d'un aplatissement presque double, et que le docteur Young évalue à un cent-cinquantième. Les mesures des parallèles conduisent à des conclusions analogues ; toutes donnent, à moitié distance entre l'équateur et le pôle, la ceinture de la terre plus grande qu'il ne convient à sa forme générale. Notre XIXe siècle laissera encore sans doute bien des choses à trouver là-dessus au XXe, qui nous arrive à grands pas.

Si l'hypothèse hardie que je viens d'indiquer est réellement la cause efficace de ce qu'on observe, on voit que les continents, tournant plus vite vers l'orient que le noyau central qu'ils devancent, feront de la terre une véritable machine électrique qui aura ses courants de l'est à l'ouest, et qui, par suite, dirigera l'aiguille aimantée du nord au sud avec toutes les irrégularités que comportent naturellement l'inégalité des épaisseurs de la croûte terrestre, les accidents de température et le déplacement intérieur de la lave et du fluide central. La seule conclusion générale que l'on puisse tirer de cette idée théorique, c'est que nos continents, marchant plus vite que le noyau central, laisseront quelque peu en retard les lignes magnétiques dont le globe est couvert,

et que par suite tout le système de ces lignes semblera marcher vers l'occident. C'est aussi très-expressément ce qui a lieu et qui jusqu'ici n'a point été expliqué. Pour éclaircir ce fait, il faut savoir qu'à Paris, en 1666, année de la fondation de l'Académie des Sciences, l'aiguille aimantée pointait juste au nord, et qu'ainsi elle indiquait exactement le sens du méridien. Il n'en fut pas de même les années suivantes. L'aiguille aimantée faussa sa direction polaire, et quelques années plus tard ce fut Londres, à l'occident de Paris, qui jouit du privilége de voir la boussole indiquer le vrai nord. Plus tard, ce fut l'Irlande, et de nos jours il faut franchir l'Atlantique et même pénétrer assez avant dans les États-Unis pour trouver l'aiguille nord et sud comme elle était à Paris en 1666. Je crois me souvenir que c'est en quatorze cents ou quinze cents ans que les lignes magnétiques font le tour du globe, ce qui indiquerait que les continents feraient une révolution de plus que le noyau central en quinze cents ans environ. Ce serait un tour de plus au bout de cinquante mille tours, ce qui n'a rien d'improbable. Ce résultat est-il d'accord avec le suraplatissement de la terre en Europe? C'est ce qu'il faudra calculer.

Avant d'aller plus loin dans le champ de ces conjectures, remarquons que cette constitution a fait de notre globe une vaste machine électrique par le frottement des continents solides sur le noyau fluide intérieur, et que dès lors nous avons en main une cause qui peut-être rendra raison des aurores boréales et australes, si complétement inexpliquées jusqu'ici. Tout ce qu'on sait de ces brillants météores, c'est qu'ils tirent leur origine

de l'électricité en mouvement, et que par suite ils illuminent le ciel en agissant sur l'aiguille aimantée, qu'ils tourmentent pendant toute la durée de leur apparition. C'est certes un phénomène bien extraordinaire que de voir un léger barreau aimanté, délicatement suspendu sous les voûtes de l'Observatoire de Paris, trembler et s'agiter aux lueurs d'un météore qui n'illumine que le nord de la Suède. Ces belles observations sont de M. Arago. Voici un fait dont j'ai été témoin. Un savant voyageur, M. Fiedler, lui parlait de ses voyages dans le Nord à la recherche des mines. « Avez-vous observé de belles aurores boréales? lui dit M. Arago.—Sans doute, lui répondit M. Fiedler, et au commencement de 1825 j'en ai vu une d'un éclat éblouissant.... — Arrêtez, lui dit M. Arago, ne me dites pas la date, je vais la trouver sur mon registre d'observations de l'aiguille aimantée. » Pendant la sortie de M. Arago, M. Fiedler me donna exactement la date de son aurore boréale, qui coïncidait avec le jour de la naissance de son premier fils. Sur ces entrefaites, M. Arago descendit avec son registre, et nous montra une perturbation très-grande de l'aiguille magnétique au jour précis indiqué par M. Fiedler, date qu'il avait, à la demande de M. Arago, inscrite sur mon portefeuille. Ici comme partout, c'est la même remarque : si nous ne savons pas, la postérité saura.

Depuis Laplace, les mathématiciens, rebutés par les difficultés de l'entreprise, semblent avoir déserté le champ des spéculations relatives à la forme de la terre, à la stabilité des mers, à l'équilibre général ou plutôt à la constance des mouvements de rotation du globe sur lui-même. Un jeune mathématicien anglais, M. Hen-

nessy, me paraît être entré dans la bonne voie de l'école française et avoir posé les bases de la solution de bien des problèmes aussi importants que nouveaux. Malheureusement le nombre de ceux qui peuvent apprécier des travaux d'un tel ordre est très-petit. Laplace, qui dédia à Napoléon sa célèbre *Mécanique céleste*, en reçut une lettre de félicitations aussi noble que profondément pensée, et qui confirme ce que je viens de dire.

De toutes les périodes naturelles, à savoir le mois lunaire, l'année solaire, les révolutions des planètes, aucune n'est fixe. Le jour seul est invariable; c'est la seule mesure exacte du temps. L'année est aujourd'hui plus courte de quelques secondes qu'au commencement de notre ère. Le mouvement de la lune est on ne peut plus irrégulier. C'est donc au jour qu'il faut tout rapporter. Or, physiquement parlant, peut-on admettre que la rotation de la terre, qui donne cette période, est tout à fait constante?

Oui, si l'on pense que dans les commotions du globe les masses qui retombent sont de très-petite importance par rapport au globe entier; autrement le mouvement de rotation de la terre serait accéléré, et le jour diminuerait dans sa durée. Or nous savons, sans crainte d'erreur aucune, que la durée du jour est restée invariable depuis la naissance de l'astronomie jusqu'à nous, car les anciens ont mesuré plusieurs périodes astronomiques avec le jour de leur époque, et comme ces durées se trouvent exactement les mêmes quand on les mesure avec notre jour du XIXe siècle, il faut nécessairement en conclure que le jour est resté le même, puisqu'en se servant de cette mesure pour le même ob-

jet, on trouve le même résultat. Cependant, à l'époque des grandes catastrophes et des grandes chutes des matériaux de la surface du globe vers son centre, la rotation a dû être sensiblement accélérée. Il est facile du reste de calculer l'effet produit sur la durée du jour par un rapprochement du centre égal à 10, à 20, à 30 mètres pour toute l'écorce du globe. La communication du mouvement de la partie extérieure à la partie intérieure, en changeant les vitesses primitives, doit être aussi une cause de changement lent dans la forme du globe et dans la durée de sa révolution. Enfin, en admettant une vitesse plus grande des masses continentales, il devra résulter plusieurs effets curieux de réaction entre les continents et le noyau central, suivant que les continents passeront sur telle ou telle partie du noyau, accidentellement plus chaude ou plus élastique, plus légère ou plus compacte.

Il n'est guère personne qui ne sache que la terre tourne autour d'un axe passant par deux pôles ou pivots qui sont fixes dans le ciel comme sur la terre. C'est ce qu'on voit quand on fait tourner un globe géographique ordinaire sur les supports qui le dirigent. Or ce cas de la fixité des pôles est en mécanique un cas exceptionnel. Un corps en rotation pourrait, comme la toupie, tourner en se balançant circulairement, et l'axe de rotation tournerait lui-même dans un cercle autour d'un axe fixe. Tout ce qui trouble la rotation d'un corps tournant produit cet effet du balancement en rond de l'axe du corps. Ainsi cet *effet* a dû se produire au moment de la dernière catastrophe du globe, car il n'est guère possible d'admettre que la précipitation des ma-

tériaux vers le noyau intérieur ait été assez régulière pour ne donner aucun balancement à l'axe et aux pôles de la terre. Voici tout ce que nous savons, ou plutôt tout ce que nous pouvons présumer là-dessus. L'excellent astronome M. Peters a cru reconnaître un petit balancement de huit centièmes de seconde dans la ligne des pôles autour d'un état moyen. La période de ce mouvement est d'environ dix mois ou 304 jours. Ce déplacement, mesuré sur la surface terrestre, ne serait que d'à peu près 5 mètres, quantité bien minime. Le travail de M. Peters a donné l'éveil, et dès lors il est fort utile. L'exactitude de cet excellent observateur est connue de tout le monde astronomique.

Pour avoir quelque chose de moins sérieux sur ces mouvements de rotation qui ont épuisé la force intellectuelle de Newton, de d'Alembert, de Laplace, de Poisson, nous dirons qu'à la visite de la reine d'Angleterre, conduite par l'empereur à l'exposition universelle, les deux souverains se sont arrêtés plus de vingt minutes auprès du merveilleux appareil de M. Léon Foucault. La terre (pour me servir d'une assez méchante plaisanterie polytechnique) *a eu l'honneur de tourner devant Leurs Majestés;* mais un autre instrument du même physicien pour la rotation des corps, le gyroscope, n'a pas moins attiré l'intelligente attention des illustres visiteurs. Un lourd anneau tournant, mis en mouvement circulaire, s'est montré presque doué de volonté; il s'est dirigé comme l'aiguille aimantée, il a résisté aux caprices des mains qui le tenaient; enfin il a semblé voler circulairement autour du fil qui le portait, exactement comme si la pesanteur

eût perdu tout empire sur lui. Incroyable! ce mot sortait en français et en anglais de toutes les bouches.

Au moment de l'exposition universelle de l'industrie du genre humain, ce ne serait guère être de son temps que de ne pas considérer au point de vue *industriel* la question de la constitution intérieure du globe terrestre; mais on me demandera quel rapport il y a entre cette constitution et une opération industrielle quelconque, et si je veux mettre en exploitation le feu central de la terre? A cela je réponds sans hésiter : Oui, et je déclare que l'entreprise n'offre aucune difficulté insurmontable. Passons à la preuve.

Chacun sait qu'on fait tout avec de la chaleur. On substitue le travail de quelques centimes de charbon au travail de l'homme pendant toute une journée. Avec le feu, on pare aux inconvénients des climats, on modifie les substances alimentaires, on active la croissance des plantes, et on rend possibles des cultures que refuserait le climat; enfin on compose et on décompose tous les corps. Prométhée, en donnant le feu à l'homme, lui donna l'empire du monde et la multiplication indéfinie de sa race. Eh bien, il faut aller prendre au sein de la terre cet élément précieux, qui s'y trouve en si grande abondance. La terre a ses mines d'or, d'argent, de cuivre, de fer, de sel, de charbon, mais elle est tout entière pour ainsi dire elle-même une vaste mine de chaleur.

Il ne s'agit point ici de percer le fameux puits de Maupertuis, qui, suivant Voltaire, voulait traverser la terre de part en part pour que nous pussions voir nos antipodes en nous penchant sur le bord de ce puits

profond d'environ 6,400 kilomètres. Il ne s'agit aujourd'hui que de s'enfoncer sous terre de 4 kilomètres au plus. Déjà à 3,000 mètres on aurait la température de l'eau bouillante. Une capacité souterraine à cette profondeur serait donc un véritable magasin de chaleur qu'on pourrait regarder comme inépuisable.

Rappelons, avant de finir, que c'est ainsi qu'agit la nature dans la production des eaux thermales : elle précipite des sources froides dans de profondes cavités dont le fond est par suite à une haute température, et dès lors l'eau, qui tombe froide dans ces cavités souterraines, en fait déborder l'eau chaude qui les remplissait d'abord. Or des eaux venant de 4,000 mètres de profondeur seront plus que bouillantes et propres à mille usages industriels. Est-ce donc la difficulté de pénétrer à quelques kilomètres de profondeur qui pourra nous arrêter, quand nous avons vu les Américains forer à la vapeur des tunnels immenses dans le roc siliceux? Au lieu d'un tunnel horizontal, il faudra seulement forer un tunnel en pente; voilà tout. On formera un escalier tournant suivant une vaste hélice d'une inclinaison convenable pour une descente aisée et surtout pour la construction des ouvrages préservatifs des infiltrations et des éboulements. Le résultat sera une source de chaleur inépuisable, et pendant le forage, avec une aération bien entendue, les travailleurs et les machines ne craindraient guère la chaleur du sol. Bien plus, à une certaine profondeur, on ferait travailler la chaleur même du terrain au forage ultérieur et à l'agrandissement de la cavité souterraine. On aurait à sa disposition le choix du local et le temps : rien d'impossible dès

lors. Il y a en Suisse telle galerie percée dans des rochers qui a demandé plusieurs siècles de travaux. Il n'en faudrait pas à beaucoup près autant ici, si l'on pense qu'il ne s'agit au total que d'un tunnel de quelques kilomètres, ouvrage exécuté bien des fois dans les percements des voies de fer. Je ne crains pas d'affirmer que les travaux qui créeraient ainsi des *sources thermales artificielles* seraient tout aussi profitables à la science qu'à l'industrie. Par exemple, à 4 kilomètres de profondeur, le baromètre se tiendrait à une hauteur de 3^{m},50 au lieu de 76 centimètres, qui est sa hauteur moyenne à Paris.

Au moment où je termine cette étude, un grand événement met en fête la France et l'Angleterre. Entre ces deux pays alliés pour la cause de la justice et de la civilisation, *il n'y a plus de détroit*. Si les deux nations sont unies pour les conquêtes politiques, elles doivent être unies aussi pour les conquêtes scientifiques. Serait-ce être trop exigeant que de demander qu'à l'exemple de l'expédition d'Égypte et de celle de Morée une Commission de savants fût bientôt adjointe à l'expédition de la mer Noire, que le merveilleux câble électrique de 600 kilomètres qui nous a transmis les nouvelles de nos victoires nous donnât l'importante longitude de Sébastopol, qui autrefois avait été forcément conclue de celle de Malte, que ce Gibraltar anglo-français devînt pour la civilisation ce qu'il était contre elle, que le degré de salure des mers environnantes fût fixé dans les diverses saisons et à diverses distances des embouchures des fleuves, enfin tout ce que peut apprendre une région si nouvelle et si exceptionnellement située entre le

Caucase et le Danube, le Tanaïs et le Bosphore? Jusqu'ici, les graves préoccupations de la guerre ont dû écarter l'idée d'une Commission scientifique du Pont-Euxin. Rien aujourd'hui sans doute ne peut s'opposer à cette création. Qu'on se souvienne de tout ce que l'expédition scientifique d'Égypte a ajouté d'éclat à la campagne militaire, et quel prix y attachait le grand capitaine qui mettait en tête de tous ses titres celui de membre de l'Institut. Aujourd'hui comme alors, la science n'est-elle pas une des gloires de la France?

(Septembre 1855.)

DE LA PLUIE

ET

DES INONDATIONS.

DE LA PLUIE

ET

DES INONDATIONS.

Les heureux citadins de notre civilisation moderne ne s'occupent guère des phénomènes météorologiques que comme de légers accidents atmosphériques qui n'apportent aux relations de la société que des agréments ou des contrariétés. Parler de la pluie ou du beau temps signifie en général avoir une de ces conversations que l'on ne soutient que faute de mieux, et qui ne commandent qu'un intérêt des plus secondaires. Avec des précautions convenables, les personnes valétudinaires ou d'une organisation nerveuse savent elles-mêmes se mettre à l'abri des influences de la saison et des troubles exceptionnels de l'air où nous vivons. Il n'en est pas tout à fait ainsi pour les habitants des campagnes, qui sont mis forcément en relation avec les grandes influences de la nature. Pour l'homme isolé des habitations, le froid et le chaud, le temps sec ou pluvieux, le vent ou le calme, l'orage ou l'air serein, sont des circonstances importantes qui agissent énergiquement pour la santé ou pour la maladie.

Mais quand on considère que les nombreuses popula-

tions de nos contrées s'alimentent du produit d'un petit nombre de plantes et d'animaux, et que cette production si essentielle dépend uniquement des influences du climat, les études météorologiques reprennent le haut rang qui leur est dû dans l'agriculture comme dans la médecine. Elles entrent par leurs résultats dans le domaine de l'économie politique. Il ne s'agit plus d'une partie de promenade contrariée par le mauvais temps ou d'une averse à éviter, mais bien de l'approvisionnement et de l'alimentation des deux cent cinquante millions d'hommes de notre Europe. En un mot, la question est celle de la subsistance facile ou de la disette, de l'abondance ou de la famine.

Les pluies désastreuses qui ont ravagé la France par les inondations qui en ont été la suite dans ces derniers mois, et qui, chose singulière, ne se sont fait sentir que dans la France moyenne, dans les bassins de la Loire et du Rhône, entre les bassins non compromis de la Seine et de la Gironde, ont excité, par la grandeur du fléau, un étonnement général, une véritable consternation. Chacun a demandé quelle était la cause de ces désastres, et s'il était possible de les prévoir, de les prévenir, ou enfin de les réparer. Tous ceux que l'on présume s'occuper de la physique du globe ont été accablés de questions relatives à cet état météorologique si exceptionnel, et la réponse prudente : « Je ne sais pas ! » était loin d'être accueillie favorablement, et provoquait infailliblement cette réflexion peu obligeante: « Mais à quoi donc sert la science ? »

Avant de répondre, il faut savoir ; pour savoir, il faut observer et recueillir des instructions venues de diverses

parties du globe; il faut enfin connaître quel a été l'état météorologique du globe dans les années antérieures. On voit que dans une pareille situation de nos connaissances l'ignorance et le doute sont bien pardonnables, ou plutôt qu'ils sont impérieusement commandés, sous peine de tomber dans les inconvénients qui attendent ceux qui se croient obligés de tout savoir et d'avoir réponse à toutes les questions. En essayant aujourd'hui d'expliquer les inondations de la France centrale par la théorie de la pluie que j'ai donnée en 1848, je ne me flatte pas d'entraîner une conviction unanime. Je désire seulement qu'on pèse attentivement les faits que j'ai groupés et les analogies nombreuses d'où j'ai déduit mes conclusions.

L'air, même quand il est pur, transparent et bleu, est un vaste réservoir d'eau en vapeur mêlée à l'air sec et constituant avec lui ce que l'on appelle l'*atmosphère*. C'est cette vaste mer aérienne sans rivages et sans limites qui entoure la terre de toutes parts, et dont la profondeur peut être estimée à 60 kilomètres. L'homme, les animaux et les plantes vivent au fond de cet océan de fluide respirable qui est environ huit cents fois moins compacte que l'eau, mais qui cependant, mobilisé par des vents impétueux, peut remplacer le poids qui lui manque par la grande vitesse qu'il acquiert, et produire des effets tout aussi terribles que l'eau, ainsi qu'on l'observe dans les ouragans des Antilles et des contrées intertropicales, qui rasent tout à la surface du sol qu'ils balayent.

La présence de l'eau dans l'atmosphère est indispensable pour rendre l'air respirable. Un air trop sec des-

sèche les poumons et incommode les hommes, les animaux et même les plantes. C'est ce qu'on éprouve dans les ascensions en ballon ou sur les sommets des montagnes; car l'air y est presque privé totalement de vapeur d'eau. On sait les effets désastreux du *sémoun* ou vent sec du désert. Une trop grande humidité de l'air a aussi ses inconvénients pour l'hygiène, et tout le monde connaît la *malaria* des lieux chauds et humides. En comparant sous ce point de vue l'Angleterre et la France, Paris et Londres, nous trouvons qu'à Paris l'air contient en général moitié de la vapeur totale qu'il peut porter avec lui, tandis qu'à Londres cette quantité approche de l'humidité extrême, et que les bois ne peuvent s'y conserver que sous une couche de vernis qui les préserve de cette influence destructive.

Au reste, rien n'est plus facile que de forcer l'air à déposer l'eau qu'il contient sous forme de vapeur : il suffit de le refroidir. Tout vase qui, l'été, contient de l'eau froide ou de la glace, se couvre à l'extérieur d'une couche épaisse d'eau qui bientôt après ruisselle le long de ses parois et peut être recueillie en assez grande abondance. C'est ainsi que les larges feuilles des choux et des plantes potagères, refroidies par l'exposition à ciel découvert, rassemblent, non pas de simples gouttes, mais bien des petites flaques d'eau très-pure qui en remplissent toute la concavité. C'est la théorie de la rosée.

Une donnée importante de la question qui nous occupe, c'est que l'air contient d'autant plus de vapeur d'eau qu'il est à une température plus élevée; en sorte que dans les régions équatoriales l'atmosphère porte une bien plus grande masse d'eau que dans nos climats.

Chez nous, même, il y a entre l'hiver et l'été une grande différence de vapeur mélangée à l'air ; il y en a six fois plus dans la saison chaude qu'au moment où il gèle. Aussi les pluies d'été, quoique moins fréquentes, sont bien plus abondantes que celles d'hiver, et les pluies tropicales sont de même très-supérieures aux nôtres pour l'épaisseur de la couche d'eau qu'elles versent sur la terre.

Le refroidissement de l'air étant la cause que tout le monde assigne à la pluie, il reste à savoir comment se produit dans la nature ce refroidissement, généralement très-subit. Là est le secret de la formation de la pluie.

De tous les moyens d'échauffer ou de refroidir l'air, il n'en est pas de plus efficace et de plus prompt que de le comprimer ou de le dilater. Ainsi l'air enfermé dans un étui de cuivre ou de verre, et rapidement comprimé par une baguette garnie d'un tampon, s'échauffe au point d'enflammer de l'amadou. Si, après avoir resserré de l'air dans un grand réservoir, on lui ménage une sortie par une petite ouverture, cet air reprend son volume en sortant, il s'étend en tous sens, se dilate et devient froid ; il dépose de l'humidité, et même de la glace, sur les corps où il souffle. L'air qui s'échappe des lèvres, quand on siffle, donne, après avoir été comprimé dans la poitrine, une impression de fraîcheur bien connue, ce que ne fait point l'air qu'on exhale doucement avec la bouche ouverte. On peut voir la fable de la Fontaine sur ceux qui *soufflent le chaud et le froid*. Au physique, tout le monde en est là.

Cet effet se produisait en grand dans une machine

des mines de Schemnitz, en Hongrie. Là un vaste réservoir d'air humide portait le poids d'une colonne d'eau de 150 mètres. Quand on lui ouvrait une issue au moyen d'un robinet, on voyait cet air conserver pendant quelque temps sa transparence jusqu'à ce qu'il se fût dilaté convenablement dans l'espace, où il se répandait librement. A une certaine distance de l'orifice, l'air, refroidi par l'expansion subite, changeait la vapeur transparente en nuage visible à l'œil. Plus loin, le nuage encore plus refroidi donnait des gouttes d'eau, c'est-à-dire de véritable pluie. Enfin, à une distance plus grande encore, l'humidité de l'air se transformait en neige et en glace que l'on recueillait sur un bonnet de mineur.

Les expériences de physique où l'air dilaté se refroidit sont innombrables. Ainsi les premiers coups de piston d'une machine pneumatique produisent un brouillard dans le récipient de cristal. Ainsi, quand on partage l'air d'un ballon de verre entre deux ballons pareils, un thermomètre fait d'une triple lame métallique, extrêmement mince, indique un froid supérieur à ceux qui règnent en Sibérie. Quand le baromètre baisse de 2 centimètres, l'air se refroidit de 3 degrés centigrades.

Maintenant, par quel procédé la nature dilate-t-elle l'air pour le refroidir ainsi et lui faire donner de l'eau par la condensation de la vapeur? C'est tout simplement en le transportant dans des régions élevées, où la pression est moindre, où par suite l'air se dilate, se refroidit et précipite la vapeur qu'il avait avec lui.

D'après ce qui vient d'être dit, soulevez une masse d'air à une hauteur de 200 mètres; elle portera un

poids d'air moindre. Cette diminution de poids sera de 2 centimètres du baromètre. Cette masse se refroidira donc de 3 degrés, et si l'élévation est beaucoup plus grande, par exemple de plusieurs milliers de mètres, comme le long des flancs d'une montagne, le refroidissement est énorme, et, si l'air est humide, il se produit une abondante averse d'eau ou de neige.

M. le commandant Rozet, officier d'état-major, a bien voulu, à ma demande, vérifier directement cette assertion pendant ses beaux travaux géodésiques, le long de la chaîne des Pyrénées. Ayant placé plusieurs observateurs munis de thermomètres le long des flancs d'une montagne, pendant qu'un vent constant et bien réglé poussait un courant d'air ascendant le long des pentes de cette montagne, il a reconnu que l'air, à mesure qu'il s'élevait, devenait de plus en plus froid, et cela de la même quantité que la théorie assignait à l'avance. Ceci nous explique la cause du grand froid qui règne au sommet des pics très-élevés. Il est évident que tout l'air que les vents poussent dans ces hautes régions n'y arrive que très-dilaté à cause de la petite pression de l'atmosphère à ces hauteurs, et que cette dilatation cause un vif refroidissement de l'air, qui se communique à la montagne que baigne cet air refroidi. Au reste, il y a aussi d'autres causes de refroidissement pour les sommets isolés; mais celle-ci est certainement une des plus efficaces. Il est des montagnes, telles que celles de l'Inde, au sommet desquelles le poids de l'air est réduit à la moitié de ce qu'il est ordinairement dans les plaines peu élevées ou sur le rivage de l'Océan. Quand on voyage dans ces sites aériens, on voit souvent apparaître ca-

pricieusement de petits nuages dont la dimension n'est que de quelques mètres et qui disparaissent aussi subitement qu'ils se sont formés. On sent qu'il suffit qu'une petite masse d'air humide ait été soulevée de quelques dizaines de mètres pour montrer sa vapeur en brouillard, et qu'au bout de quelque temps le réchauffement de ces petites masses au sein d'une atmosphère plus chaude doit y faire rentrer la vapeur, à peu près comme nous voyons les petits lambeaux de nuages que lancent nos locomotives flotter dans l'air et y disséminer leur vapeur blanche, qui reprend, en se mêlant à l'air, et de la chaleur et de la transparence.

Ce phénomène s'est montré à moi dans toute sa magnificence au milieu d'une des gorges élevées des Pyrénées, entre la France et l'Espagne. Un vent violent poussait l'air des plaines françaises le long des flancs abrupts de la chaîne du Canigou. Par une circonstance particulière, cet air peu chargé d'humidité ne devenait brouillard et nuage qu'à la hauteur où j'étais placé; ensuite, en se précipitant vers l'Espagne, il se condensait, il regagnait la chaleur que la dilatation lui avait fait perdre, et, à quelques mètres au-dessous de moi, il reprenait sa transparence et cessait d'être nuage. La persistance du petit nuage qui couronnait la hauteur, malgré un vent violent qui aurait semblé devoir l'entraîner rapidement, était un phénomène des plus curieux que j'observais de tous mes yeux, mais dont je ne cherchais point alors la cause. La même observation a été faite par plusieurs des explorateurs de montagnes, et notamment par l'illustre M. Cordier.

On a dit très-justement que les météores sont les ex-

périences de physique de la nature. En voici une exécutée, sur une échelle immense, au centre de la France, dans l'atmosphère de cette vaste et riche plaine de la Limagne d'Auvergne, que dominent de loin la chaîne du Puy-de-Dôme et celle du Mont-Dore. Un soleil brillant dardait ses rayons sur la contrée fertile qui environne Clermont et Riom. Pas un nuage dans toute cette vaste étendue, pas même cette teinte légèrement pâle qui, chez nous, ternit un peu l'azur du ciel et nous rend invraisemblables les ciels d'outremer des peintres italiens. Partout le calme de l'air et la transparence la plus parfaite. Tout à coup un mouvement s'opéra dans cette masse précédemment si calme. Le vent d'après-midi la poussa vers le Puy-de-Dôme, et les arbres, inclinant légèrement leurs têtes vers la montagne, indiquèrent que c'était vers ce côté que le courant d'air prenait sa route. Forcément cette masse d'air devait se soulever en suivant les flancs herbeux de la montagne. En montant, elle devait être déchargée du poids de toutes ces couches d'air au-dessus desquelles elle se plaçait successivement. De là une dilatation, un refroidissement et toutes ses conséquences. En effet, on vit bientôt la tête du courant ascendant se troubler, s'obscurcir, et former un nuage dont on apercevait le dessus et le dessous, le commencement et la fin. Peu à peu, le courant continuant à se transformer en nuage, celui-ci occupa tout l'espace jusqu'à la moitié de la hauteur du Puy-de-Dôme. Ultérieurement, la tête du nuage offrit toutes les apparences de ces nuages lourds terminés en dessous par une base plane d'où s'échappe ordinairement la pluie. Celle-ci ne fit pas longtemps défaut, et la teinte du sol

arrosé montra bientôt l'étendue de la partie du courant d'air d'où s'échappaient les gouttes d'eau d'une pluie abondante. Un peu plus tard, quand le vent eut encore élevé le nuage, la scène changea, et ce furent des flocons de neige qui sortirent du nuage encore plus refroidi, pour joncher les sommités du Puy-de-Dôme et donner aux habitants de la plaine le spectacle, habituel pour eux, d'une neige d'été. Les observateurs, placés sur la haute cime, purent vérifier l'image hardie de Huygens le père, qui, franchissant les Alpes, s'étonnait de porter ses pas au travers des neiges de juillet et d'août :

Ferre per æstivas torpida membra nives.

Une grande obscurité avait momentanément dérobé le ciel et la terre aux contemplateurs stationnés sur le pic le plus élevé. Un caprice du vent fit plier le courant d'air à droite, vers la chaîne du Mont-Dore, et tira, pour ainsi dire, d'une manière magique, le rideau qui leur avait dérobé pour quelque temps le spectacle de la belle Limagne d'Auvergne, avec ses cultures, ses moissons, ses arbres, ses roches volcaniques et ses rivières, dont les ondes étincelaient au grand soleil. Il ne restait du météore qu'une plaine de neige qui blanchissait momentanément la plus haute cime du mont, et, plus bas, les hautes herbes mouillées, qui réservaient au retour des explorateurs de la nature un bain à peu près aussi complet que s'ils eussent traversé à gué les eaux de l'Allier, qu'ils apercevaient à l'horizon.

Il est bon d'observer cependant que les choses ne se passent pas toujours d'une manière aussi paisible. Sou-

vent les courants d'air n'accostent les flancs des montagnes qu'avec de furieux ouragans qui ne permettent pas aux voyageurs de se tenir debout. D'autres fois, de formidables coups de foudre, renouvelés à chaque seconde, sont échangés entre le nuage et la montagne. Alors les hommes et les troupeaux, saisis d'une panique étrange, fuient à grande vitesse le théâtre du redoutable météore. Les moutons rivalisent de course avec les chiens pour aller chercher ailleurs un refuge, et tout disparaît en un instant d'alentour du voyageur resté seul, et que ses guides eux-mêmes ont abandonné.

Une chaîne de montagnes qui s'élève au centre d'une contrée est donc une véritable source de pluie, par le refroidissement qu'elle occasionne dans les masses d'air humide qui franchissent ses sommets; et, je le répète, par cela seul que ces masses d'air se dilatent en montant dans l'espace, et en se trouvant déchargées du poids des couches inférieures qui les comprimaient. Remarquons ici que rien ne limite la quantité de pluie que peut donner une pareille disposition du terrain. Tant que le courant d'air continue à affluer pour franchir la barrière élevée que lui oppose la chaîne montagneuse, la pluie ne cesse de tomber de l'air refroidi de ce courant; en sorte que, si le vent humide s'établit en permanence, il dépose des masses fluides telles, que le lit des rivières est impuissant à les contenir, pour les conduire comme à l'ordinaire à la mer ou aux grands fleuves dont les rivières sont tributaires.

Si l'on connaît le relief d'un pays et la nature des vents régnants, on peut vérifier que partout où ces vents trouveront un obstacle qui les forcera de s'éle-

ver, ils donneront naissance aux sources de rivières dont les eaux seront en proportion de la hauteur de l'obstacle qui leur a été opposé. Les Alpes nous offrent un exemple frappant de cette influence d'arrosement : les vents habituels du sud-ouest, qui nous arrivent de l'Atlantique, en venant déposer leurs eaux à la barrière alpine, nous donnent le Rhône et le Rhin, deux des plus grands fleuves de l'Europe occidentale. Les vents chauds et humides de l'Italie et de la Lombardie, en franchissant les Alpes tyroliennes, nous donnent le Pô et tous les affluents et tributaires de son bassin, *seguaci sui,* pour me servir d'un mot de Dante. On sait que ce fleuve, pendant ses crues, roule dans l'Adriatique un volume d'eau tel, que, pendant le blocus continental, les croisières anglaises pouvaient s'approvisionner d'eau douce hors de la portée des canons de la côte. Ausone a dit :

Padi ruentis impetu torrentior..

Enfin, ces mêmes Alpes, recevant dans leurs nombreux chaînons le vent de retour de la Russie, donnent naissance au Danube, le roi des fleuves d'Europe, qui, après avoir reçu cent affluents qui ont une origine analogue, va contribuer puissamment à dessaler cette mer Noire où viennent de s'illustrer de tant de gloire nos modernes Argonautes de la justice et de la civilisation.

Mais, dira-t-on, il pleut dans les plaines dépourvues de hauteurs considérables, il pleut même au milieu de l'Océan, là où aucune barrière ne peut forcer les courants d'air à se soulever, à se dilater, à se refroidir et

à précipiter leur humidité. Les bassins de la Somme, de la Seine, de la Loire, de la Charente, de la Gironde, de l'Adour, ne sont qu'en très-faible partie adossés à des chaînes montueuses. D'où vient ici l'ascension des masses d'air qui doit produire leur refroidissement et la pluie qui en est la suite? Je vais le dire.

Il est impossible de ne pas admettre que, quand un grand courant d'air s'est établi dans une direction quelconque, il est souvent ralenti dans sa marche, soit par les aspérités du terrain qui le retardent, soit par les forêts et les plantations au travers desquelles il ne se fraye un passage qu'avec des difficultés et des retards qui se communiquent à la masse entière mobilisée; de plus il faut, pour que le courant s'avance, que l'air qui le précédait lui ait livré passage en se déplaçant lui-même. Or un changement de direction, ou la rencontre d'un courant d'air opposé, ou encore l'obstacle d'un air allant moins vite que celui qui le suit, mille causes enfin, sans compter l'influence calorifique des rayons solaires, doivent fréquemment retarder la marche de ces courants capricieux. Or tout courant qui s'est arrêté, ou seulement retardé dans sa route, se renflera, se soulèvera en augmentant de hauteur tout comme s'il eût été soulevé dans toute son épaisseur en glissant le long d'une pente inclinée. L'effet sera donc le même : il y aura dilatation et refroidissement. Telle est l'origine de la pluie qui alimente nos rivières des plaines. Alors la pluie s'échappe de toute la masse du courant d'air qui s'est dilaté en s'arrêtant, et on explique ainsi comment il tombe plus de pluie dans une plaine que sur une hauteur saillante au mi-

lieu, et comment, par exemple, on recueille sensiblement plus de pluie dans l'appareil qui est placé au pied de l'Observatoire que dans celui qui est sur la plateforme élevée de ce grand édifice. Il y a un petit nombre d'années il ne pleuvait point dans la basse Égypte. Les vents constants du nord, qui y règnent presque exclusivement, passaient sans obstacle sur cette terre privée de végétation. Sur les toits d'Alexandrie on conservait les grains sans les recouvrir ou les préserver des injures de l'atmosphère; mais, depuis que des plantations y ont été faites, il en résulte un obstacle qui retarde le courant d'air septentrional. Cet air retardé se gonfle, se dilate, se refroidit et donne de la pluie. Les forêts des Vosges et des Ardennes produisent le même effet pour le nord-est de la France, et nous donnent une forte rivière, la Meuse, aussi remarquable par le volume de ses eaux que par le peu d'étendue de son bassin. Sous le point de vue du retard d'un courant et des effets de ce retard, un de mes illustres confrères, M. Mignet, non moins penseur profond qu'écrivain éloquent, me suggérait que, pour produire de la pluie, une forêt valait une montagne. Cette remarque est vraie à la léttre. Enfin, en plein Océan, où le retard d'un courant aérien ne peut provenir ni des inégalités du terrain, ni de la présence des forêts, ni du contournement des vallées, il en est bien d'autres causes, telles que la rencontre de courants contraires, ou l'effet des vents d'est et d'ouest que fait chaque jour naître le soleil, ou enfin l'agitation que le vent lui-même imprime à la mer pour faire les vagues, agitation qui ne peut être produite par l'air sans que celui-ci ne perde

de son mouvement en en communiquant une partie aux flots qu'il tourmente de mille manières.

Si l'on jette les yeux sur une mappemonde et qu'on soit instruit de la marche générale des courants de l'atmosphère, on aura le secret de tout de que fait la nature pour l'arrosement de notre globe. Partout où il y aura une cause de soulèvement des masses d'air, soit à raison des chaînes de montagnes, soit par un arrêt des masses d'air mobilisées, il devra pleuvoir et on verra naître des rivières. Un seul mot cependant sur ces pluies tropicales qui sont si abondantes dans la zone torride, où l'air étant très-chaud contient par là même une grande quantité de vapeur d'eau. Lorsque le soleil arrive d'un côté ou de l'autre de l'équateur sur la tête des habitants de ces régions, il détermine par la chaleur de ses rayons, tombant à plomb, un courant ascendant semblable à celui qui s'élève au-dessus de tous les corps échauffés. C'est ce courant qui fait monter la flamme et la fumée de nos foyers domestiques ou des feux qu'on allume en plein air. On sait que ces courants qui s'élèvent de la zone torride vont ensuite se déverser vers les deux pôles et y tempérer la rigueur du froid. Or ce courant ascendant, emportant avec lui sa vapeur, est précisément dans le même cas que celui qui s'élève le long de nos montagnes. Il monte en vertu du mouvement primitif qu'il reçoit de l'action du soleil et va se refroidir en se dilatant dans les régions supérieures de l'atmosphère, d'où résultent ces pluies qui font de l'Amazone une mer d'eau douce dont la longueur se compte par milliers de kilomètres et la largeur par centaines des mêmes mesures.

Voici maintenant la cause qu'on peut assigner à la catastrophe météorologique qui a désolé naguère la région moyenne de la France.

Tout le monde connaît l'immense courant d'air chaud qui, sous le nom de *vents alizés*, marche vers l'ouest entre les tropiques. Une portion de ce courant se déverse sur l'Atlantique, et revient des États-Unis à la France et à l'Europe en passant sur un courant d'eau chaude qui suit la même route, et qui tempère ce vent de retour de manière à produire pour la France un climat d'une qualité supérieure à toute autre contrée située à pareille distance de l'équateur. D'après les lignes de chaleur tracées par M. de Humboldt, si l'on prend une localité quelconque au milieu de la France, par exemple en Champagne ou en Bourgogne, il faudra partout ailleurs se rapprocher du midi pour trouver des localités également favorisées pour la chaleur et les productions du sol qui en dépendent. Ce courant d'air tempéré, qui jette sur la France une sorte de manteau protecteur, se déverse par un premier embranchement vers Marseille; puis, par une seconde branche, il entre par Trieste dans la mer Adriatique; puis encore il redescend en partie vers l'équateur par la mer Noire, par la mer Caspienne, par la Perse et par l'Inde. Il rejoint ainsi le grand courant des vents alizés. Plus loin, les chaînes de l'Himalaya et de l'Altaï de Sibérie lui opposent une barrière infranchissable, et stérilisent ainsi toute la Chine occidentale. Voilà donc établi le régime normal de notre atmosphère française et européenne. Or, depuis plusieurs années, ce courant, qui accostait l'Europe par le milieu de la France, s'était peu à peu

déplacé; il était remonté jusqu'à la Baltique et au nord de l'Allemagne, et il avait interrompu le décroissement régulier de la chaleur qui a lieu à mesure qu'on s'élève vers le pôle, à un tel point, que le nord de l'Allemagne se trouvait momentanément plus chaud que le milieu de cette vaste contrée.

C'est sans doute cette circonstance qui a rendu les dernières années remarquablement sèches dans l'Angleterre du sud : le courant humide passait plus haut. Je n'ai pas besoin de dire que cet état de choses était exceptionnel et pour ainsi dire forcé. Ce n'est point le régime habituel du courant atlantico-européen, lequel passe d'ordinaire par le milieu de la France. Cette année une rechute s'est opérée. Le courant a repris son ancienne direction, et il est venu aborder la France par son milieu, reprenant ainsi son cours naturel. Mais il n'a point trouvé les voies préparées; il n'a point trouvé établis les déversements naturels vers le midi dont nous avons parlé plus haut. Il a rencontré un obstacle dans l'immobilité de l'air de la France, jusqu'à ce que le régime primitif des déversements naturels ait été reproduit. Cet air humide a donc dû s'entasser au-dessus de l'atmosphère du milieu de la France, et par suite il a été soulevé, dilaté, refroidi, et nous a donné des pluies désastreuses. Il est évident que la surcharge de l'air a rétabli les anciens courants, et que sans doute les pluies de 1856 ne se renouvelleront pas en 1857. On voit, par ce qui vient d'être dit, combien il est important de jeter un coup d'œil d'ensemble sur le globe entier, et combien il est nécessaire d'en connaître le régime normal et les exceptions qui viennent suspendre le cours régulier des

météores; car on est alors menacé d'un retour brusque au régime naturel, avec les inconvénients attachés à tout changement violent dans l'ordre de la nature. Les communications par voie électrique nous promettent beaucoup pour le perfectionnement de la météorologie, et l'Observatoire de Paris, soutenu par une volonté auguste, a déjà pris pour la connaissance de l'ensemble des faits de la physique du globe la plus utile et la plus honorable initiative. Espérons qu'à une époque prochaine les peuples ne seront jamais pris à l'improviste par aucun des grands phénomènes de la nature.

Mais ce n'est pas tout que de prévoir la possibilité ou l'imminence d'une crise météorologique, il faut organiser les moyens d'en atténuer les effets désastreux, à peu près comme on cherche à s'approvisionner de céréales dès le moment où l'on prévoit une récolte insuffisante. Ici toutefois les difficultés sont bien autrement grandes.

En effet, la nature et les travaux d'art ont établi le lit de nos fleuves et de nos rivières de manière à permettre aux grandes crues de s'écouler jusqu'à la mer sans dépasser certaines limites au delà desquelles il y aurait dégâts et catastrophe. Or, comme les phénomènes de la nature peuvent outre-passer les prévisions les plus étendues, il semble qu'il n'y ait plus pour ces circonstances exceptionnelles, comme pour tous les fléaux de la société, qu'à attendre la cessation du mal. Quelles digues auraient pu contenir les inondations des mois derniers dans les bassins de la Loire et du Rhône? Il me paraissait donc complétement impossible de parer à de si redoutables éventualités. Une autorité souveraine,

après avoir consulté les lumières pratiques de nos ingénieurs, qui tiennent le premier rang dans le monde entier, n'a pas jugé la chose désespérée. Il s'agit de mettre des obstacles temporaires à la réunion trop prompte de toutes les inondations partielles, et de donner le temps de s'écouler aux masses d'eaux déjà accumulées avant de laisser d'autres masses destructives arriver pour augmenter le désordre et le rendre irremédiable. Gagner du temps est tout dans cette circonstance, et si l'on peut retarder la marche d'une rivière de manière à la faire aller deux fois moins vite, c'est comme si l'on en réduisait les eaux à moitié, puisque l'on gagne deux fois plus de temps pour en opérer l'écoulement. J'adopterai cette manière de voir, qui me paraît très-rationnelle. Il s'agira donc de placer au travers des cours d'eau qui deviendront menaçants des barrages momentanés, qui diminueront la pente et la dépense de ces cours d'eau, et par suite les rendront inoffensifs.

La question ainsi posée, il nous faut imaginer un barrage momentané, facile à établir sans travaux préparatoires longs et dispendieux, et qui puisse entraver la marche du courant jusqu'au moment où la masse de ses eaux n'offrira plus de danger. En ce genre, rien ne me paraît plus praticable que d'avoir de grandes caisses creuses en fonte, et pareilles à celles dans lesquelles on embarque des provisions d'eau à bord des grands bâtiments de la marine. Ces caisses, d'ailleurs très-solides, flottent facilement quand elles sont vides, et sont, par suite, d'un transport aisé. Après les avoir amenées en travers du courant, on les relierait l'une à l'autre

par des chaînes courtes et solides, et l'on ferait de leur ensemble une espèce de pont flottant. En les laissant ensuite se remplir d'eau par une ouverture convenable, ces caisses s'enfonceraient jusqu'au seuil de la rivière, et mettraient à l'écoulement des eaux un obstacle dont l'ingénieur réglerait à volonté la puissance et l'effet. La pose d'un pareil barrage ne serait guère plus difficile que l'établissement d'un passage sur pontons au travers d'une rivière quelconque, et plus tard, pour rendre les caisses susceptibles de flotter de nouveau et d'être transportées ailleurs, il suffirait de les vider de l'eau qu'on y aurait laissé s'introduire. J'avais à deux reprises fait proposer au pacha d'Égypte ce système de barrage pour élever le niveau des eaux du Nil sans constructions difficiles ou dispendieuses; malheureusement c'était en 1840, lors de l'expédition anglaise, et je n'ai point reçu de réponse à mes communications. Plusieurs de nos ingénieurs les plus illustres ont donné leur approbation à ce système de barrage mobile, mais c'est surtout en matière d'hydraulique qu'il faut laisser à l'expérience à prononcer. Le maître souverain, c'est le succès, *usus magister*. C'est une autorité irrécusable, et qu'aucune autre ne peut remplacer.

Voilà donc ce qu'on peut faire pour diminuer les effets des grandes crues subites, prévues ou non. Un préservatif extemporané et momentané est opposé à une menace passagère et à un danger de courte durée. Ici tout est logique. Mais ne conviendrait-il pas d'organiser le sol lui-même de manière à prévenir ces entassements d'eaux si menaçants, qui semblent se former aujourd'hui plus fréquemment que dans les siècles passés?

On peut déjà reconnaître que la culture, qui, par l'établissement de fossés et de procédés de drainage, rend l'écoulement des eaux pluviales plus prompt et leur arrivée plus rapide dans les cours d'eau permanents, que la culture, disons-nous, a contribué à donner à nos rivières un régime torrentiel. Les cours d'eau, par le rapide écoulement des produits de la pluie, s'enflent démesurément et ravinent leur lit. En même temps la terre végétale des collines est entraînée loin des hauteurs qu'elle devrait continuer à recouvrir et à rendre fertiles. Pour éviter cet inconvénient, tout le monde a pensé à des fossés creusés en travers de la pente pour arrêter les eaux et les terres qu'elles entraînent. Ces fossés devraient être plantés et défendus contre la dévastation ordinaire des bûcherons et du bétail. Toutes les crêtes des collines devraient sans retard être boisées, ce qui aurait le double avantage de produire la pluie, comme nous l'avons dit déjà, et ensuite d'en retenir les eaux bienfaisantes. Plus tard, de proche en proche, la végétation gagnerait de l'espace et refertiliserait la terre. Quant à la mise à exécution de ces travaux, dont les propriétaires supporteraient une partie de la dépense, je me hasarderai à reprendre une idée que j'ai déjà émise dans ces *Études*, à savoir, l'organisation de régiments de planteurs pris parmi les vétérans de l'armée. On utiliserait ainsi, dans des travaux qui seraient à peu près analogues à ceux des jardiniers, la vieillesse et une partie de l'âge mûr d'hommes estimables dont on assurerait la subsistance jusqu'à leur mort. Leurs habitudes de surbordination, la régularité de leur travail, et le bas prix auquel on

s'assurerait leurs services, comme complément de pension de retraite, feraient de ces corps d'utiles auxiliaires à l'agriculture. Nos ancêtres, qui n'avaient pas notre puissante organisation financière, donnaient les invalides à des bandes nombreuses d'anciens soldats, en les employant à bâtir des monastères ou des basiliques dont la dimension nous étonne aujourd'hui, et qu'ils terminaient rarement. On pourrait les employer plus utilement aujourd'hui à fertiliser le sol, et à porter ainsi remède aux dévastations que des exploitations peu prudentes ont commises, en déboisant des contrées entières outre mesure, et en faisant même disparaître toute trace de végétation sur des coteaux autrefois productifs. Ils pourraient aussi exécuter une portion des travaux d'irrigation ou de drainage que réclame l'état agricole actuel de la France. On les appliquerait à la fertilisation des vastes terrains qui sont perdus à l'embouchure de nos rivières et sur les côtes de la mer, ou recouverts de sables susceptibles de culture par l'amendement du sol et la fixation des dunes. C'est aux hommes d'État qu'il appartient de réclamer de nos sciences modernes tous les services que demande la société actuelle. Il n'est point de gloire qui vaille le bonheur d'être utile, ou plutôt c'est la plus brillante de toutes les gloires que celle de faire quelque chose pour le bien public. *Deus est juvare mortalem.* Suivant cette belle pensée de Pline, c'est participer à la Divinité que de venir en aide aux hommes.

(Août 1856.)

L'ASTRONOMIE

EN

1855.

L'ASTRONOMIE

EN

1855.

Si l'on considère l'immense étendue du domaine des sciences, tant théoriques que pratiques, et l'activité avec laquelle le génie de l'homme, aujourd'hui débarrassé des subtilités métaphysiques, féconde le champ entier des sciences d'observation, on croit au premier aperçu que le tableau des nouvelles découvertes doit embrasser un nombre considérable d'objets divers, et que la *quantité d'admiration* que peut contenir l'esprit le plus optimiste sera insuffisante pour payer tous les mérites qui se sont fait jour depuis un petit nombre de mois. Pour bien des raisons, il n'en est pas ainsi. D'abord le nombre des inventions de premier ordre est nécessairement fort limité; ensuite, comme l'a très-bien remarqué Laplace, ce grand mathématicien qui fut si célèbre sans l'être autrement que par la science, les œuvres scientifiques ne peuvent jamais atteindre à une renommée comparable à celle des œuvres littéraires. Quelle que soit la valeur des travaux mathématiques, il leur manque toujours *un public*, il leur manque ce qu'on

appelle *le marché*, autrement les consommateurs. Copernic, dans la dédicace de son fameux *Traité des Révolutions* au pape, s'indigne des critiques que des gens, qui *parlent à tort et à travers*, se mêlent de faire des conceptions qui leur sont inaccessibles. « Les œuvres mathématiques, ajoute-t-il, sont écrites pour des mathématiciens; » *mathematica mathematicis scribuntur.* Mais où trouver assez de mathématiciens pour faire un public à ces génies dédaigneux? Qu'ils nous permettent d'avoir une haute opinion de leur capacité et des calculs transcendants qui les ont mis en possession des brillants résultats qui font leur gloire, mais qu'ils nous permettent aussi de connaître, d'admirer principalement les fruits de leurs travaux, à peu près comme en face d'un tableau, d'une statue, d'un monument d'architecture on oublie le pinceau, le ciseau, les échafaudages et tout ce qui est du métier, pour jouir de l'œuvre du génie.

Un autre avantage des œuvres d'imagination est encore la perfection individuelle de l'œuvre elle-même, qui, comme Minerve, sort toute complète du génie qui l'enfante; tandis que, comme le remarque encore Laplace, tout livre de science sera infailliblement surpassé en perfection par ceux qui partiront du point où l'auteur s'est arrêté. Les chants d'Homère et de Virgile, les tragédies de Racine, les compositions de Molière et de Shakespeare sont aussi peu susceptibles d'être retouchées et perfectionnées que l'Apollon du Belvédère ou la Vénus de Milo. On ne peut pas appliquer aux œuvres de l'imagination ce que Bacon disait si bien des sciences: *Les générations passent et le domaine de la science*

s'agrandit. Aussi l'admiration n'est point ici pour celui qui sait le plus, mais pour celui qui a su le premier. Newton a su *le premier* pourquoi les planètes voyagent autour du soleil sans être retenues et guidées dans le vide des cieux autrement que par leur pesanteur vers cet astre, de même que la lune escorte fidèlement notre globe sans autre lien et sans autre support que sa pesanteur, pesanteur identique avec celle qui précipite un corps lourd quelconque vers le centre de la terre. Il a vu la lune et le soleil soulevant les plaines océaniques pour amener deux fois par jour vers les rivages les flots des marées et les faire ensuite reculer par les mêmes périodes. Il a vu la cause du déplacement des équinoxes, qui fait tourner en deux cent soixante siècles tout le ciel étoilé au travers de nos saisons. Il a trouvé la cause de plusieurs des irrégularités du mouvement de la lune, le plus capricieux et le plus *indisciplinê* de tous les corps célestes. Depuis Newton, Clairaut, d'Alembert, Euler et toute l'école de Lagrange et de Laplace ont été plus loin que lui. Ils ont plus fait et mieux fait que Newton; mais il était le premier! Pour prendre un autre exemple, compare-t-on pour l'honneur les voyages transatlantiques des *steamers* américains et anglais, qui mènent au nouveau monde en une semaine et demie, avec le pauvre voyage de Cristophe Colomb qui lui fit *découvrir ce monde!*

Vers le milieu du siècle dernier, les auteurs de l'*Encyclopédie,* pour appeler à des études sérieuses la société française, qu'ils jugeaient trop adonnée à des occupations purement littéraires, imaginèrent d'appeler

les bons esprits à chercher dans la nature, dans les arts, dans les ateliers, ce que la méditation, activée par la nécessité de surmonter des difficultés matérielles, avait pu créer d'ingénieux, d'utile, de poétique même. Ce fut encore par millions que le livre de l'abbé Pluche sur le *Spectacle de la Nature* eut des lecteurs. Tout le monde sait que dans le plan nouveau des études françaises une part plus large est faite aux notions positives; mais où placerons-nous la limite de ce qu'il faut nécessairement savoir et de ce qu'on peut ignorer sans honte?

Je crois qu'il faut ici, comme partout ailleurs, consulter l'expérience, et voir ce qu'en général dans la société tout le monde désire connaître, et aussi voir ce qui paraît indifférent ou peu attrayant au plus grand nombre des esprits. La Bruyère a très-justement dit qu'un homme bien élevé n'est pas humilié de ne pas comprendre dans tous ses détails le mécanisme d'une montre, parce qu'il sait que les ouvriers qui la font ne sont bien souvent que des manœuvres peu intelligents. Cependant, si à l'exposition universelle on voit une petite pièce de notre célèbre Froment, l'artiste français par excellence, régler, au moyen de l'électricité de la pile, l'échappement des horloges avec une supériorité de précision inconnue jusqu'à lui, on veut pénétrer la cause physique de cet effet admirable, comprendre tous les inconvénients auxquels ce système remédie, et enfin vérifier par des observations astronomiques le résultat annoncé. Le lecteur me permettra de lui dire ou de lui rappeler que, dans les montres et les horloges, le mouvement du balancier ou celui du ressort

spiral règle l'échappement successif des dents qui vont ensuite porter aux aiguilles par des renvois les indications de l'heure, de la minute et de la seconde. De la perfection de cet échappement dépend la régularité de la marche de la pendule ou de la montre. Souvent à cette marche est attachée la perte ou la sécurité du navigateur. Aussi les constructeurs de montres marines et autres ont-ils épuisé tout ce que le génie, stimulé par la difficulté à vaincre, peut enfanter de plus merveilleux. De toutes les denrées qui ont un prix commercial, je crois me souvenir que le petit morceau d'acier qui fait un ressort de montre est celle qui, proportionnellement à son poids, a la plus haute valeur. Un kilogramme d'acier travaillé en bons ressorts de montres marines vaudrait incomparablement plus qu'un kilogramme d'or, lequel cependant se paye plus de 3,000 francs. L'étude de tous les systèmes d'échappement imaginés, proposés, employés depuis Huygens, le premier inventeur, cette étude, disons-nous, occuperait une vie entière. Le fameux Berthoud, célèbre horloger du siècle dernier et membre de l'Académie des Sciences, faisait demander grâce à ses confrères lorsqu'il entamait cet interminable sujet de ses méditations chronométriques, malgré l'importance du sujet pour l'astronomie, la navigation, la géographie et tous les arts de la paix et de la guerre. Peut-être ce qui précède sur l'échappement a-t-il fait sur le lecteur l'effet des Mémoires de Berthoud sur les membres de l'Académie des Sciences. Qu'il me soit permis d'ajouter, pour égayer ce sujet *austère,* qu'à l'une des longues séances de Berthoud sur l'échappement,

un savant atrabilaire écrivit sur un papier le quatrain que voici :

Berthoud, quand de l'échappement
Tu nous traces la théorie,
Heureux qui peut adroitement
S'échapper de l'Académie!

puis il sortit. Son voisin, excédé comme lui, lut le papier et profita du conseil, en sorte que de proche en proche la désertion fut complète. Il ne resta que le lecteur avec le président et les secrétaires, *que leur grandeur attachait à leurs fauteuils*, comme celle de Louis XIV l'attachait au rivage du Rhin. Il n'y a donc pas moyen d'exiger d'un homme non *spécial* des études aussi étendues d'une des mille inventions qui font la gloire et le bonheur matériel de notre civilisation moderne.

De tous les hommes supérieurs, Arago a été de beaucoup le premier dans l'art de voir en une machine ou une invention le mérite principal, dégagé de tout accessoire parasite. Ses leçons sur les échappements principaux, à l'École Polytechnique et à l'Observatoire, étaient des modèles de clarté et de profondeur. S'il eût pu ou voulu travailler à une encyclopédie de toutes les connaissances scientifiques qu'à tout homme ayant reçu une éducation libérale il n'est pas permis d'ignorer, nous aurions certes le plus précieux trésor de science *indispensable* qu'il soit possible d'imaginer. Qui entreprendra après lui de créer une œuvre si difficile, où il faudra faire la juste part des exigences du sujet, de la science de l'auteur, et surtout du public? On reprochait

à un faiseur de systèmes politiques que ses lois ne conviendraient guère qu'à des hommes parfaits, et non aux hommes de nos sociétés actuelles. Il répondit : « Oh! pour les hommes tels qu'ils sont, qui est-ce qui voudrait les gouverner? » Beaucoup de nos écrivains de science semblent avoir désespéré d'instruire le public et s'être retranchés dans l'assertion de Copernic. On peut lire comme exemple le *Système du Monde* de Laplace, ouvrage tout mathématique, aux formules algébriques près, mais par compensation on pensera aux écrits de Fontenelle, de Buffon et d'Arago.

En général on peut dire, relativement aux découvertes scientifiques, que la société ne remercie pas deux fois d'un présent qu'on lui fait. Il n'y a pas deux admirations successives pour un même ordre de travaux, même d'un grand mérite : tout est pour le premier. Ainsi, sans rappeler Cristophe Colomb, lorsque Jacob Brett eut le premier fait passer des dépêches au travers du détroit qui sépare la France de l'Angleterre, on ne donna plus qu'une attention secondaire à des travaux bien plus étonnants. Notez bien que je dis que M. Jacob Brett fut le premier qui fit passer et non pas le premier qui imagina de faire passer des dépêches. Depuis lors, que de merveilles dans ce genre! Un câble sous-marin de 600 kilomètres (150 lieues) a traversé et traverse encore la mer Noire, et nous apporte en trois ou quatre heures des nouvelles de la Crimée. Avec des communications électriques non interrompues, les dépêches ne mettraient pas plus d'une seconde pour faire ce trajet. J'ai en ce moment sous les yeux le beau sondage fait par la marine française entre

la Sardaigne et l'Afrique, et avant peu M. John Brett, le frère de celui que j'ai nommé plus haut, fera communiquer la France et l'Algérie par la Corse et la Sardaigne. La plus grande distance n'est que le tiers de la distance qui sépare dans la mer Noire Balaclava de Varna. Quand les Américains voudront bien faire passer leurs câbles télégraphiques par le Labrador, le Groënland et les îles nord de l'Angleterre, ainsi que je l'ai demandé depuis longtemps dans ces *Études*, ils rattacheront infailliblement le nouveau monde à l'ancien, et de Paris à New-York, ville aujourd'hui d'un million deux cent mille habitants, on se parlera aussi vite qu'un astronome de Paris parle à un astronome de Londres, ou bien que deux interlocuteurs échangeant leurs idées dans un même salon. Eh bien, essayez de faire admirer aujourd'hui au public le câble électrique de Balaclava, vous ne trouverez que des oreilles distraites. Un peu plus, un peu moins, c'est connu. *Non bis in idem*. Les inventeurs pourraient répéter, par rapport à la société actuelle, le mot prétendu d'Alexandre sur les dispensateurs de la gloire : « O Athéniens! que de travaux je m'impose pour être loué par vous! »

Je ne puis m'empêcher de faire ici un rapprochement de contraste entre les idées des anciens et les nôtres sur le rôle que les mers doivent jouer dans la civilisation du monde. Horace nous dit que Dieu, dans sa prudence, a séparé les terres par des océans qui les isolent, et que c'est une impiété que de monter sur des vaisseaux qui vont contre cette intention de la Divinité. Il en est autrement aujourd'hui, et c'est la

mer et les ports qui rendent une contrée accessible à tout l'univers. Chose étonnante, pas un des auteurs du XVIIIe siècle n'a parlé du motif qui avait porté Pierre Ier à fonder Pétersbourg dans une situation maritime! Le câble électrique de l'Algérie nous fournit une nouvelle preuve que la mer est faite pour la communication des peuples civilisés. En partant de la Sardaigne et en voguant vers les côtes de l'Afrique, on trouve, à peu de distance des extrêmes limites des possessions françaises, la petite île de Galite, qui servira de station au câble électrique d'Algérie; mais ensuite, si l'on abordait la terre au plus près, on passerait par le territoire de populations incomplétement soumises, qui mettraient en péril le conducteur électrique dès qu'il aurait quitté la mer. On a donc changé de plan, et maintenant le câble électrique, après avoir fait une station à l'île de Galite, continuera sa route sous-marine directement jusqu'à Bone. Ce sera par mer que se fera la communication en toute sécurité.

Ce que j'ai dit de l'admiration refusée aux secondes merveilles de la télégraphie électrique, j'aurais pu le dire également pour la photographie. Après les noms de Daguerre, de Niepce, de Talbot, qui connaît les autres plus modernes qui ont cependant laissé bien loin derrière eux ces trois inventeurs? Par une fâcheuse exception, on refuse ici au talent la renommée qu'on lui accorde partout ailleurs, car la renommée est au talent ce que la gloire est au génie. Dans les sciences, le talent, quant à sa récompense, est complétement et injustement sacrifié.

S'il n'y a pas beaucoup de *nouveau sous le soleil*, sui-

vant l'assertion de Pythagore, voyons ce qu'il y a de nouveau *au-dessus du soleil,* dans les régions astronomiques. Les planètes, comme on peut le penser, continuent leurs évolutions périodiques autour de leur axe central. Les étoiles persistent, soit dans leur fixité, soit dans les légers mouvements que les astronomes leur ont reconnus. Les étoiles doubles continuent à tourner l'une à l'entour de l'autre et à marquer les siècles. Les observatoires ne laissent passer aucun phénomène non étudié. Plusieurs ont adopté une étendue limitée de travaux pour les approfondir plus complétement. Le nombre des petites planètes qui sont au milieu de l'espace qu'occupent les grandes s'augmente continuellement, et il est maintenant de trente-sept. Quelle masse de veilles pour les astronomes, et surtout avec l'obligation de faire usage maintenant de télescopes beaucoup plus forts pour observer ces petits objets! Je me bornerai à donner la liste de ces minimes planètes découvertes en 1853, 1854 et 1855, pour compléter les listes précédentes que j'ai déjà mises dans ces *Études*.

N° d'ordre.	Nom de la planète.	Nom de l'astronome.	Date de la découverte.
24.....	Thémis.....	De Gasparis.	6 avril 1853.
25.....	Phocéa.....	Chacornac..	6 avril 1853.
26.....	Proserpine..	Luther.....	5 mai 1853.
27.....	**Euterpe.....**	**Hind .....**	**8 novembre 1853.**
28.....	**Bellone.....**	**Luther......**	**1er mars 1854.**
29.....	**Amphitrite..**	**Marth......**	**1er mars 1854**
30.....	**Uranie......**	**Hind.......**	**22 juillet 1854.**
31.....	**Euphrosine..**	**Ferguson....**	**1er septembre 1854**
32.....	**Pomone.....**	**Goldschmidt.**	**26 octobre 1854.**
33.....	**Polymnie...**	**Chacornac...**	**28 octobre 1854.**

N°d'ordre.	Nom de la planète.	Nom de l'astronome.	Date de la découverte.
34.....	Circé.......	Chacornac...	7 avril 1855.
35.....	Leucothéa...	Luther......	19 avril 1855.
36.....	Atalante....	Goldschmidt.	5 octobre 1855.
37.....	Fidès.......	Luther......	5 octobre 1855.

M. Arago avait exprimé la crainte que les noms mythologiques ne vinssent à manquer aux individus de ce groupe qui sont désignés maintenant par leur numéro d'ordre, suivant la série des époques de leur découverte, d'après la désignation introduite par le savant astronome américain M. Gould. Cependant, comme il y a souvent deux planètes découvertes le même jour, car chaque astronome faisait sa chasse dans une région différente du ciel dans la même nuit bien sereine, il est bon de leur conserver un nom mythologique qui les distingue exclusivement. Les noms de Palès, d'Aréthuse, de Doris, d'Aglaé, de Terpsichore, sont encore vacants; mais au besoin on trouverait dans Hésiode, dans Homère et dans les dictionnaires de la Fable environ deux ou trois cents noms de nymphes, de divinités, de femmes célèbres qui ne dépareraient pas cette liste céleste. Les Américains ont vivement réclamé et réclament encore contre l'adoption du nom de Victoria pour la planète qui porte le n° 12, d'autant plus que M. Hind, qui l'a découverte, avait indiqué le nom de Clio pour remplacer celui de Victoria, au cas où l'on aurait quelque répugnance à un nom de souveraine. Sans vouloir rien préjuger sur les convenances, on peut se féliciter qu'aucune des planètes trouvées à l'Observatoire de Paris n'ait reçu le nom de l'impératrice Eugénie, quoique le mot soit parfaitement grec. En at-

tendant la décision de la postérité, la planète n° 12 porte les deux noms de Victoria et de Clio. Les satellites de Jupiter avaient été baptisés par Galilée *astres de Médicis* (*Medicea sidera*) en l'honneur du grand-duc de Toscane : cette dénomination a disparu depuis longtemps; mais que dire du nom imposé par M. le maire de Dusseldorff à la dernière petite planète découverte par M. Luther, astronome de l'observatoire municipal de cette ville? Comment, voilà une planète qui se nomme *Fides*, la foi! Sans doute c'est la foi luthérienne! Et, puisque M. Luther est l'un de ces descendants du fameux Luther que le roi de Prusse fait élever chaque année à ses frais, il est juste qu'il y ait dans la découverte quelque chose qui rappelle le fougueux ennemi des indulgences qui partagea la chrétienté en deux camps. Cependant il est curieux de voir la foi chrétienne en compagnie de Leucothéa, de Proserpine, de Thétis et de Bellone, autres planètes précédemment découvertes par M. Luther. Il ne reste plus qu'à faire arriver l'espérance et la charité avec la foi, pour avoir toutes les vertus théologales dans le ciel païen avec Mercure, Vénus, Mars et Jupiter. Il ne faut donc pas adopter ce nom bizarre. A la vérité, je trouve dans Horace ce vers :

Incorrupta Fides nudaque Veritas,

avec des lettres majuscules pour *Fides* et *Veritas*. Malgré tout ce qu'on pourra dire, ces divinités n'ont point droit de bourgeoisie dans la cité céleste où règne Jupiter. Vivons donc dans l'*espérance* que M. le maire de Dusseldorff voudra bien avoir la *charité* de renoncer à

sa *foi* planétaire pour ne point la compromettre dans un ciel très-peu chrétien. Je ne rappellerai point ici les anathèmes d'Arago contre l'esprit échevin, notez que je ne dis pas contre l'esprit des échevins, qui, pris individuellement, du moins à Paris, sont pour l'esprit comme pour la distinction à la tête de la cité, comme ils le sont municipalement.

Il y a plus d'importance qu'on ne croit à ne pas laisser corrompre une langue scientifique. Le grand Cuvier (de l'Académie française!) n'a-t-il pas *dépoétisé* toute la création antédiluvienne par ses mégathérium, ses anoplothérium, ses ptérodactyles, ses mastodontes, de manière à rendre à peu près illisibles les annales merveilleuses de la vie dans les âges géologiques qui ont précédé le nôtre. La botanique en est à peu près là aussi, et quand les écrivains veulent peindre une nature tropicale, Dieu sait quels noms ils rencontrent. Comment décrire un bosquet tapissé de *Boussingaultia baselloïdes?* Dans nos admirables expositions d'horticulture, pourquoi tant de noms pédantesques, moitié latins et moitié modernes, pour défigurer les plus belles productions de la nature? Conservons au moins le ciel à l'euphonie, si la barbarie envahit toute la terre.

Voici donc quatre nouvelles planètes découvertes en 1853, six en 1854 et quatre dans les onze premiers mois de 1855. C'est un honorable résultat. Comme les plus brillantes ont sans doute été vues les premières, on comprend que l'ordre des chiffres qui indique le rang de la découverte est aussi approximativement celui de l'éclat de ces petits astres. C'est un des avantages de la notation de M. Gould.

Ces dernières années ont fourni leur contingent habituel de comètes, savoir trois ou quatre par année; mais la grande comète de 1260 et de 1556, qui devait reparaître en 1848 et qui a été ajournée à 1858 avec deux ans en plus ou en moins, pourra peut-être nous revenir dès 1856. Ce sera une belle conquête pour l'astronomie solaire qu'un astre dont la révolution est de trois cents ans, et qui, après avoir visité la terre sous le règne de Charles-Quint et de Henri II, nous revient sous le règne de Napoléon III et de Victoria, pour reparaître encore dans trois siècles. Quelle belle exposition universelle cette comète verra l'an 2158 à son retour subséquent!

Ce sont encore les comètes qui vont nous fournir du nouveau et même du nouveau fort extraordinaire : *la comète de Vico qui devait reparaître en août dernier est perdue!* Un astre perdu! et comment? D'abord la chose est-elle possible? Qui a pu faire disparaître cette comète? Qu'est-elle devenue? N'a-t-on point déjà quelques exemples antérieurs d'une pareille catastrophe? Les astres ne meurent point comme les hommes, a dit Pline, et dans le ciel, où nul obstacle ne vient s'opposer à la marche des astres, quelle incroyable fatalité peut en faire disparaître un, dont la révolution est fixée, le retour prévu et les perturbations calculées en détail? C'est pourtant ce qui vient d'arriver cette année. Cette comète tant cherchée en France, en Angleterre, en Allemagne, en Italie et sous le ciel exceptionnel de Rome, enfin en Russie, avec de très-puissants instruments, cette comète, qui devait être très-brillante cette année, a été invisible. Les atomes en ont sans doute

été disséminés dans l'espace céleste. Tout le monde s'accorde à la regarder comme perdue, irrévocablement perdue. Voici l'historique de ce curieux événement :

En adoptant le principe qu'une comète n'est définitivement acquise au domaine du soleil que quand elle a été observée pendant deux retours dans la proximité de cet astre, quatre comètes seulement peuvent être comptées comme appartenant au système solaire, ce sont celles qui portent les noms de Halley, de Biéla, de Encke et de Faye. La première, qui nous revient tous les soixante-dix-sept ans, et qui depuis l'an 11 avant notre ère jusqu'en 1835 a reparu vingt-quatre fois, a mêlé son histoire à celle de l'humanité. L'an 1066, elle favorisait la conquête de l'Angleterre par Guillaume de Normandie.

Normanni invadunt stellâ monstrante cometâ.

En 1456, elle effrayait également les Turcs et les chrétiens, et faisait instituer notre *Angelus* de midi. Enfin, en 1759 et en 1835, elle confirmait les lois de l'attraction newtonienne. Celle de Biéla est remarquable par cette circonstance qu'elle s'est dernièrement partagée en deux morceaux qui vont se séparant de plus en plus à chaque retour au soleil, et finiront sans doute par faire deux comètes distinctes. Les deux autres comètes n'offrent rien d'extraordinaire que le peu de durée de leur révolution, laquelle durée est d'un peu plus de trois ans pour la comète de Encke, et d'environ sept ans et demi pour la comète de Faye. Celle de Biéla fait le tour du soleil en six ans et demi.

En ouvrant les livres de compilation astronomique, et notamment le *Cosmos* de M. de Humboldt et les

Outlines of astronomy de sir John Herschel, on trouvera d'autres comètes indiquées comme périodiques, mais sans qu'une réapparition observée soit venue donner la sanction de l'expérience aux présomptions du calcul. Tel est le cas de la comète de Vico. Cet astronome, de la société de Jésus, qui observait à Rome et qu'une mort prématurée a enlevé à ses travaux, trouva, en 1844, une comète télescopique qui ensuite fut visible à l'œil nu, et que, bientôt après sa découverte, M. Faye, en France, reconnut comme périodique et devant reparaître au bout de cinq ans et demi. Ce devait être dans le printemps de 1850, mais la comète était alors indiquée comme si faible, qu'il n'y avait aucune chance de l'apercevoir, car elle était moins favorablement située qu'elle ne l'était quand, dans la précédente révolution, on avait cessé de l'apercevoir avec les plus forts télescopes d'Europe et d'Amérique. Mais pour 1855, son retour calculé par M. Brünnow devait la ramener sous le soleil le 6 août, et même la rendre visible à l'œil nu. Or les astronomes, guidés par les éphémérides calculées à l'avance, n'ont pu ni l'observer ni même l'apercevoir. C'est donc un fait bien établi que la comète de Vico est perdue sans retour. Lorsque la mort vint terminer la carrière de cet actif observateur, tout le monde le plaignait de n'avoir pas vécu assez longtemps pour revoir la comète qui portait son nom. S'il eût vécu, c'eût été pour avoir une déception, car son astre a complétement disparu du ciel. Voici la raison que l'on peut donner de ce fait si extraordinaire.

Au moment où une comète descend vers le soleil pour en raser presque la surface, la matière légère qui

compose cet astre se tire en longueur, en vertu de l'action du soleil, qui ne plie pas également toutes les parties dont se compose la comète, et comme cette masse très-légère n'a pas beaucoup de force pour retenir énergiquement ses diverses parties, il en résulte qu'elles cèdent inégalement à l'influence du soleil qui les dilate en queues, en chevelures et en appendices souvent multiples. Comme ces queues se forment aux dépens de la substance même de l'astre, il est évident que si subséquemment son attraction n'est pas assez forte pour réunir de nouveau ses particules éparpillées, la comète perdra une partie de sa masse, qui restera disséminée en poussière dans l'espace céleste. Si par l'action du soleil la comète a été fort étirée en longueur, il pourra se faire que toute sa masse, ainsi disséminée, ne puisse se réunir en un seul globe, et que la concentration des particules matérielles se fasse autour de deux ou plusieurs centres d'attraction différents. La comète se partagera ainsi très-naturellement en deux, en trois, en quatre, comme cela a probablement eu lieu pour la comète de Biéla. Cet accident doit arriver plus fréquemment aux comètes à courte période, qui n'ont pas le temps de rappeler à elles leurs éléments écartés par l'action du soleil, tandis que pour la comète de Halley par exemple, laquelle met en moyenne soixante-dix-sept ans pour faire sa révolution entière, ces éléments épars ont le temps de graviter les uns vers les autres. Il est encore évident qu'une très-petite comète, dont l'attraction est peu puissante, sera bien plus sujette à périr par dissémination qu'une masse plus considérable qui aurait la force de retenir ou de rappeler les parties qui s'en

seraient éloignées. Comme dans cette question tout dépend de la force séparatrice que le soleil exerce sur la nébulosité légère qui forme la comète, il est bon d'insister un peu sur ce mode d'action. Tous les auteurs qui ont dit ou soupçonné que les comètes pouvaient graduellement perdre de leur substance en fournissant de la matière aux appendices qui en émanent, quand elles approchent du soleil, n'ont pas précisé comment le soleil pouvait, pour ainsi dire, tirer en longueur un amas arrondi de nébulosité qui passe dans son voisinage. Voici comment la chose se fait.

Tout le monde se figure aisément que si une comète rase de près le soleil, elle sera plus attirée et prendra un mouvement plus rapide que si elle eût été plus loin du soleil. Si, de même dans l'ensemble des particules qui composent une comète, on considère celles qui sont le plus près du soleil, elles prendront une vitesse plus grande et devanceront celles qui en sont le plus éloignées. Il en résultera un allongement de la masse cométaire dans le sens de son mouvement, et si ensuite dans le reste de sa révolution la comète n'a pas le temps ou la force nécessaire pour réunir ses éléments dispersés, ceux-ci, suivant chacun une route séparée, se dissémineront pour toujours dans la région du ciel que parcourait auparavant la comète entière. C'est sans doute au moment de sa seconde arrivée près du soleil, en 1850, que la comète perdue a été disséminée par l'action inégale du soleil sur ses diverses parties, sur quoi on remarquera que la comète, après son passage près du soleil en 1844, formait une masse irrégulière et allongée, et que si cette forme a subsisté jusqu'à son retour, et

qu'elle ait, en vertu d'une rotation sur elle-même, présenté une de ses pointes au soleil, alors il y a eu une très-grande différence entre l'action du soleil sur cette extrémité voisine, comparée à l'action de l'astre sur l'autre extrémité bien plus éloignée, et par suite une grande différence entre les routes suivies par les diverses particules du corps de la comète, ce qui revient à une complète dissémination.

Tout ce que je viens de dire paraîtra plus vraisemblable encore, si l'on se rappelle ce que j'ai répété plusieurs fois dans ces *Études* de l'extrême ténuité de la nébulosité qui forme la substance de la comète, ténuité qui surpasse tout ce que l'imagination peut se figurer, et qui a porté sir John Herschel à évaluer la masse entière d'une comète à quelques kilogrammes, peut-être *même à quelques décagrammes!* Et cela très-sérieusement.

Dans les révolutions des astres autour d'un centre attirant, toute particule repasse toujours constamment par le même point à chaque révolution. Si toutes les parties disséminées d'une comète faisaient le tour du soleil dans le même temps, elles se retrouveraient ensemble dans le voisinage de l'astre central. Malheureusement les parties les plus éloignées du soleil mettent bien plus de temps à accomplir leur révolution que les parties les plus voisines. Elles ne reviendront donc pas ensemble au point le plus voisin du soleil, et leur dissémination se maintiendra. Il y a cependant une curieuse remarque à faire. Si, au bout d'un grand nombre de révolutions, il arrivait que la majeure partie des particules cométaires se retrouvât ensemble près du soleil, parce que celles qui vont le plus vite auraient

fait quelques révolutions de plus que les plus lentes, cette circonstance *pourrait* recomposer en partie le noyau cométaire et lui redonner une forme arrondie. Comme une circonstance si exceptionnelle est en elle-même peu probable à cause des diverses distances au soleil de chaque particule disséminée, on doit penser que la comète une fois perdue par dissémination l'est sans aucun doute pour toujours, et qu'elle sera invisible à tout jamais.

Quant aux autres cas de disparition des comètes, il y a eu la comète de 1770, calculée par Lexell, dont elle porte le nom, et que les Anglais appellent quelquefois la comète perdue (*the lost comet*); mais si cette comète a disparu, elle avait de bonnes raisons pour cela : elle avait passé dans le voisinage de la puissante planète Jupiter, qui, faussant son orbite, l'avait lancée sans retour dans les profondeurs du ciel. Je trouve bien encore dans les archives de l'astronomie cométaire quatre ou cinq comètes qui n'ont point été retrouvées, mais pour lesquelles on peut admettre qu'elles avaient été mal observées, et par suite imparfaitement calculées. De plus, ces comètes étaient de celles dont la lumière est excessivement faible. Je ne m'arrêterai point à ces détails, et je dirai que la comète de Vico est la seule qui, sans cause aucune, a fait pour ainsi dire naufrage dans le port, et dont on ne peut guère rendre raison autrement que par la dissémination dont j'ai développé l'origine. Au reste, si le nom de Vico doit tirer quelque honneur de la comète à laquelle on l'a imposé, l'attention des hommes sera bien mieux appelée sur ce nom par le fait de sa singulière disparition, qu'elle ne l'eût

été par cent révolutions non accompagnées de circonstances si extraordinaires. La renommée de Vico n'y aura rien perdu, pas plus que celle de Lexell n'a perdu au non-retour de sa comète, qui a littéralement *brillé par son absence* au profit de l'astronome calculateur.

Je ne finirai pas cet article sur les comètes sans recommander à mes lecteurs un livre entier très-curieux sur les comètes, qui se trouve dans l'*Astronomie populaire* d'Arago, nouvellement publiée. Quoique rien de ce que contient cette étude ne se trouve traité dans celle d'Arago, le grand nombre de questions importantes qui y sont abordées en fait un ouvrage d'un grand mérite, et qu'Arago lui seul pouvait composer. Seulement on y remarquera que l'auteur revient aux préjugés de l'école qu'il avait adoptés dans son enfance. Il fait les comètes beaucoup trop massives, et il examine sérieusement la catastrophe résultant du passage d'une comète qui entraînerait la terre à sa suite et lui donnerait les saisons d'une comète. A voir le grand changement que 12 ou 15 degrés du thermomètre centigrade occasionnent dans la nature entière, il faut être bien optimiste pour croire qu'alors il pourrait échapper quelques êtres vivants à une si rude épreuve. Je dis qu'Arago est revenu à ces idées, car il a même autrefois professé l'extrême ténuité des gaz qui forment la nébulosité des comètes, et à cette occasion, après avoir cité le vide presque parfait que produisent nos machines pneumatiques à double épuisement, il ajoutait que la substance de la comète était bien des milliers de fois moins compacte que ce vide presque absolu. Quand on verra une comète entraîner la terre sur ses pas, il y aura long-

temps que l'on aura vu les moucherons enlever les éléphants et les hippopotames dans les airs.

A considérer les encouragements à offrir aujourd'hui à l'astronomie, il me semble que le principal et le plus efficace serait d'augmenter la publicité donnée à des travaux par eux-mêmes peu populaires, et auxquels le public ne s'intéresse que par les résultats obtenus, quand ceux-ci sont brillants. Voltaire a dit :

On en vaut mieux quand on est regardé,
L'œil du public est aiguillon de gloire.

On conçoit aisément que, puisque les mérites scientifiques supérieurs ont à peine le privilége d'attirer l'attention de la société, les talents secondaires ne peuvent percer l'obscurité qui pèse sur ces travaux hérissés de chiffres, employant un langage spécial et exécutés au moyen d'instruments dont l'usage et les noms sont inconnus à tous. Si l'on parle d'un piano, d'une basse, d'un chevalet, d'un pinceau, d'un burin, le mot fait image ; mais si on nomme un cercle mural, une lunette méridienne, un collimateur, une machine parallactique, un théodolite, que de mots ne faut-il pas ajouter pour en faire comprendre la signification ! Boileau mentionne

... La métaphore et la métonymie,
Grands mots que Pradon croit des termes de chimie !

Les termes d'astronomie sont encore bien plus inconnus du public. Quant aux formules, c'est encore pis. La trigonométrie, hérissée de ses sinus et cosinus, de ses tangentes et de ses logarithmes, se dresse comme un cerbère et crie avec l'école de Platon : Loin d'ici

ceux qui ne sont pas géomètres! Αγεωμετρητος ἑκας ἐστω! Et pourtant avec un peu d'attention de la part de l'interrogateur, avec un peu de précaution de la part du narrateur, on peut exposer et faire comprendre tout ce qui doit, dans cette noble science, intéresser la société éclairée. Ces notions ne sont pas plus difficiles à acquérir que celles de la géographie et de la sphère, qui sont familières à tant de personnes. Quant à ce qui serait réellement au-dessus de la portée ordinaire de l'intelligence et qui ne serait pas susceptible d'être compris sans formules et sans algèbre, il faut en faire le sacrifice et surtout se bien garder d'assimilations inexactes qui fausseraient le jugement de l'auditeur. Surtout il faut éviter le style d'oracle qui cache bien souvent l'ignorance et toujours l'impuissance de trouver des idées claires et nettes. Aussi des esprits du premier ordre, comme Laplace dans son *Exposition du Système du Monde*, ont préféré s'en tenir à un très-petit nombre de lecteurs plutôt que de faire le travail ingrat et pénible de rendre la science intelligible à tous. Je ne pourrai jamais peindre le désappointement de plusieurs littérateurs distingués qui, sur la foi du grand nom de Laplace et de son titre de membre de l'Académie française, s'étaient aventurés à ouvrir le *Système du Monde*. Ce livre aurait été, si possible, écrit en hébreu avec des caractères chinois, que leur étonnement n'aurait pas été plus grand. Il leur semblait une véritable offense à leur amour-propre d'écrivains et de lecteurs. En revenant à notre thèse, c'est donc un exposé de tous les travaux astronomiques de l'année qui serait un véritable et efficace encouragement à la science, surtout s'il

était écrit en style intelligible à tous. Les petites notices annuelles que publiait Lalande faisaient beaucoup de bien à l'astronomie, et de plus il y a conservé la mémoire de beaucoup de faits biographiques que l'on chercherait inutilement ailleurs.

Mais tandis que les observatoires de l'ancien monde poursuivent leur carrière, en thésaurisant chaque année le tribut du temps et du travail intelligent, voici la jeune Amérique qui prend son rang dans l'astronomie et dans les sciences. Je ne parle pas de la race espagnole et portugaise, qui nous offre des peuples nouveaux déjà vieux par leur impuissance politique et scientifique. Je parle de la race anglo-saxonne, qui, sous les auspices de M. Bache, l'arrière-petit-fils de Franklin, du professeur Henry, de M. Gould, astronome actif et dévoué, et des savants de Washington, de Boston et de Philadelphie, rivalise déjà avec les travaux européens. M. Ferguson, de Washington, nous a donné une des petites planètes. M. Bache exécute le gigantesque travail hydrographique et géographique du relevé des côtes immenses des États-Unis. Les cartes du lieutenant Maury, couronnées à l'Exposition de l'industrie, sont connues du monde entier. Il en est de même de l'admirable méthode d'enregistrer le temps sans avoir la pénible préoccupation d'écouter les battements d'une horloge. Cette méthode, essentiellement américaine, compte aujourd'hui M. Gould entre ses plus habiles metteurs en œuvre. C'est lui qui est chargé des longitudes télégraphiques dans le *coast-survey* de M. Bache. Je ne parle pas de l'immense lunette astronomique de Cambridge, près de Boston, et des travaux de MM. Bond.

Le trait caractéristique des établissements astronomiques des villes du nouveau monde me paraît être cette intelligence patriotique qui fait que des citoyens, des corporations municipales font de grands frais pour des études dont ils comprennent la dignité sans y être initiés eux-mêmes et seulement en vue du bien public et de l'honneur de la nation. Ce qui se fait en Angleterre par le zèle éclairé des possesseurs de grandes fortunes aristocratiques ou commerciales se fait aux États-Unis par la vigueur d'une société qui sent que tout ce qui est grand et beau doit exister de l'autre côté de l'Atlantique comme en Europe, et se produire sur une échelle qui n'admette aucune infériorité. C'est ce qu'a déjà reconnu l'illustre astronome Airy, rendant pleine justice aux travaux récents des savants américains. Voyons comment cette tendance se traduit en effets et se réalise en pratique.

Il y a quelques années, M. Mitchell, de Cincinnati sur l'Ohio, entreprend de fonder un observatoire municipal. Il trouve le terrain, les matériaux et même la main-d'œuvre fournis gratuitement. Il vient en Europe, et au moyen des souscriptions de ses concitoyens, il achète des instruments de prix et devient directeur d'un observatoire important. Une publication curieuse qui émanait de cet établissement a été discontinuée.

Mais rien n'est comparable à l'entreprise actuelle de M. Gould, ce jeune astronome que nous avons déjà nommé, et qui, depuis plusieurs années, soutient à force de dévouement un excellent journal astronomique imprimé à Cambridge, qui ne fait qu'un avec Boston, l'Athènes scientifique et littéraire des État-Unis. Cette

fois nous sommes dans le puissant État de New-York, dont la capitale légale est Albany, sur l'Hudson, vers le centre du pays, tandis que d'une extrémité il s'appuie sur les deux lacs entre lesquels se fait la chute du Niagara dont il possède une rive, et que de l'autre il touche l'Atlantique, c'est-à-dire le monde entier, par une ville de 1,250,000 âmes, qui égalera Londres avant la fin de ce siècle, au moment où les États-Unis compteront 100,000,000 de citoyens. Quelle perspective!

C'est au chef-lieu du New-York, à Albany, au milieu des États du Nord, qu'il s'agit d'ériger un observatoire digne du New-York et de l'Amérique elle-même. M. Gould, fort de la science pratique qu'il a recueillie dans les observatoires de l'Europe et auprès des plus célèbres astronomes, se charge de venir encore une fois en Europe pour obtenir à grands frais les instruments des meilleurs constructeurs, et son expérience lui suggère de nouveaux perfectionnements qui doivent augmenter encore la précision déjà très-grande de ces chefs-d'œuvre du génie mathématique. Non-seulement M. Gould accepte cette mission, mais il la conduit à bonne fin, et au mois d'août prochain, l'inauguration du nouvel observatoire doit avoir lieu avec une partie des principaux instruments. Ce seront des observations de choix sur des astres désignés par les besoins de l'astronomie, de la géographie et de la navigation. On verra dans cet observatoire, pour la première fois, une horloge soustraite aux variations brusques de la température et aux variations de pression de l'air. Partout des chronographes qui enregistreront le temps par une touche mue par la main, sans le secours de l'oreille, et un magni-

fique héliomètre, qui sera le troisième de cet ordre de grandeur, mais encore supérieur à ceux d'Oxford et de Kœnigsberg. Les autres instruments seront de la même perfection, et la grandeur des lunettes permettra d'observer les petites planètes qui sont à peine suivies aujourd'hui, où la plupart des instruments méridiens des observatoires anciens sont optiquement trop faibles pour atteindre ces petits astres. Au moyen de l'héliomètre, les étoiles doubles seront observées et les mesures micrométriques seront prises avec la dernière rigueur. Les petites étoiles utiles aux longitudes et aux latitudes seront déterminées de position. Enfin on n'admettra rien de médiocre dans les travaux de l'observatoire d'Albany.

L'observatoire d'Albany doit sa naissance et sa création aux efforts patriotiques de deux citoyens de cette ville, le docteur Armsby et M. Olcott. Ce ne sont pas des astronomes, chose singulière, mais seulement des amis de la gloire de leur pays! L'observatoire est présentement sous le contrôle d'un comité d'agents directeurs, genre de direction en usage en Angleterre, où par exemple l'observatoire Radcliffe d'Oxford est sous le contrôle d'un comité d'exécuteurs testamentaires du fondateur Radcliffe. A ce comité ou bureau (*board*), quatre savants illustres, MM. Bache, Peirce, Henry et Gould, ont été adjoints. C'est M. Gould qui a été chargé de venir en Europe pour se procurer au plus vite les instruments nécessaires. Il est à regretter que le manque de temps ne lui ait pas permis d'attendre quelque chef-d'œuvre de notre admirable artiste M. Brunner; mais en France nos constructeurs semblent ignorer le prix du temps, et il est impossible de les astreindre à quelque

exactitude dans la livraison des commandes qu'ils ont acceptées. Ils semblent vouloir profiter du bénéfice de l'adage latin : *sat citò, si sat benè;* c'est assez tôt, si c'est assez bien. Malheureusement ce n'est point avec ces principes que l'on fonde ou que l'on soutient de grands établissements tels que ceux d'Allemagne, qui, par leur ponctualité, vont au-devant des travaux que les nôtres refusent ainsi tacitement. Quels délais Gambey n'a-t-il pas apportés dans la remise de son grand cercle! Par ses travaux antérieurs et prolongés dans les observatoires de Paris, de Greenwich, de Berlin, de Gœttingue, d'Altona, de Gotha et de Pulkova, M. Gould est l'astronome le plus instruit de tout ce qu'il y a à faire et à éviter dans la science difficile à laquelle il est initié comme mathématicien et comme observateur.

L'horloge avec toutes ses dépendances est donnée par M. Erastus Corning, président de la direction du chemin de fer central de l'État de New-York. D'autres contributions particulières ont fourni le terrain, les matériaux pour l'édifice et jusqu'au gazomètre, qui doit servir à l'éclairage de l'observatoire. Je n'ai point sous ma plume le nom du citoyen généreux qui a donné le terrain convenable sur une hauteur qui domine de quelques cents mètres les eaux de l'Hudson, la grande artère du New-York. L'étendue de ce terrain est telle, que quand Albany, qui a aujourd'hui, je pense, environ 50,000 âmes, viendra, par son infaillible développement, à entourer le site de l'observatoire, celui-ci ne sera nullement incommodé de ce voisinage. Voilà pour l'avenir comme pour le présent.

Mais de toutes les contributions à l'honneur scienti-

fique de la capitale du New-York, il n'en est point de plus libérale et de plus patriotique que celle d'une honorable citoyenne d'Albany, M[me] veuve Dudley, qui a concouru pour une part considérable aux frais d'érection de l'édifice comme à l'achat des instruments, et notamment de l'héliomètre. Aussi la reconnaissance des fondateurs de l'observatoire s'est-elle manifestée par le choix du nom qu'on a donné à ce bel établissement. On l'a nommé *Observatoire Dudley*. L'antiquité a beaucoup célébré la piété conjugale de la reine Artémise, qui bâtit à son époux Mausole un tombeau compté parmi les merveilles du monde, et qui donna son nom à tous les monuments grandioses ayant la même destination. Au lieu de consacrer à la mémoire de son mari un édifice improductif et lugubre, M[me] Dudley a beaucoup plus sagement attaché son nom à une fondation noble qui unira à jamais ce nom à un édifice élevé pour l'honneur de sa patrie et l'utilité de ses concitoyens.

Grand exemple pour notre France!

(Décembre 1855.)

LES

SAISONS SUR LA TERRE

ET

DANS LES AUTRES PLANÈTES.

LES

SAISONS SUR LA TERRE

ET

DANS LES AUTRES PLANÈTES.

C'est une opinion maintenant généralement admise que notre siècle est éminemment positif et utilitaire, que les intérêts matériels de la grande société humaine des deux côtés de l'océan Atlantique préoccupent exclusivement le génie de l'homme, et que le mérite de chaque découverte doit être évalué en francs, en dollars ou en livres sterling. L'Orient lui-même, engourdi et dépeuplé par une fainéantise de plusieurs siècles, semble sortir de sa torpeur apathique et vouloir donner un démenti à cette conclusion de l'histoire, que la civilisation marche toujours vers l'Occident sans jamais rétrograder. La vapeur, les chemins de fer, l'électricité, les manufactures envahissent l'Asie par ses frontières du nord, de l'ouest et du midi, par la Russie, par l'Égypte, l'Inde anglaise, et bientôt sans doute ils l'envahiront par la Turquie et par la Chine. Le monde de 1956, ou, pour parler plus modestement, la terre de 1956 ne

ressemblera guère à celle de 1856, pas plus que l'Europe d'aujourd'hui ne ressemble à l'Europe du milieu du siècle dernier. Cependant les penseurs, philosophes, théologiens et métaphysiciens, n'en ont pas moins poursuivi le cours de leurs spéculations intellectuelles, et, chose étonnante, dans nos vieilles sociétés européennes comme dans les États nés d'hier en Amérique, ils ont trouvé des oreilles attentives, avantage rare dans ce siècle préoccupé de tant d'intérêts divers. Il est donc bien certain, suivant une parole célèbre, que *l'homme ne vit pas seulement de pain.* Plusieurs opinions relatives à l'habitation future de l'homme dans d'autres séjours que celui de notre planète ont eu du retentissement dans le monde des idées. Ayant eu moi-même, en une circonstance récente, à improviser une conférence sur les saisons des diverses planètes de notre monde solaire, je fus étonné de voir que plusieurs de mes auditeurs semblaient trouver quelque attrait à des recherches sur ces planètes où les hommes pouvaient être transplantés un jour après leur vie terrestre. Les écrits de MM. Whewhell, David Brewster et Jean Reynaud étaient évidemment pour beaucoup dans la curiosité de ceux qui adoptaient avec faveur le sujet de cette conférence astronomique.

Mais, indépendamment de toute influence préexistante, rien n'est plus utile que de porter un regard d'ensemble sur les opérations de la nature, de s'élever au-dessus des idées étroites de ceux qui n'ont point perdu de vue leur clocher natal, pour étendre ses regards sur le pays et même sur la partie du monde qu'on habite. L'Europe, fière de sa population de 250,000,000 d'hommes, avec

sa puissance guerrière et intellectuelle, occupe la zone tempérée, et par les deux caps extrêmes de l'Espagne et de la Grèce, n'atteint même pas le 36e parallèle, laissant encore toute l'Afrique septentrionale et toute l'Égyte entre elle et la zone torride. Aussi, d'après la tendance naturelle qui nous porte à donner une importance exclusive à ce qui nous entoure, il nous semble toujours bizarre d'entendre parler des chaleurs intolérables de décembre et de janvier qu'éprouvent les habitants de l'autre hémisphère, au cap de Bonne-Espérance, dans l'Australie ou dans le Chili. Les froids de juillet et d'août dans les mêmes contrées ne nous paraissent pas moins étranges. Cependant, puisque les saisons sur la terre offrent déjà bien des circonstances extraordinaires, combien n'en trouverons-nous point, non pas en allant de notre pôle européen, asiatique et américain, au pôle opposé, mais bien en allant de la région ardènte où la planète Mercure se meut sous les fèux d'un soleil sept fois plus chaud qu'il ne l'est pour la terre, jusqu'aux confins du système solaire où Neptune occupe provisoirement la dernière place, recevant des rayons neuf cents fois plus froids que ceux qui sur notre globe et pour notre Europe font ces grandes divisions de l'année, le printemps, l'été, l'automne et l'hiver, dont les productions sont si capitales pour l'homme de nos climats, tandis que rien de semblable n'existe dans les latitudes intertropicales!

Toutes les planètes qui, comme la terre, suivent leur marche circulaire autour du soleil, peuvent être divisées en deux catégories, l'une formée par quatre planètes de moyenne grosseur et voisines du soleil, savoir : Mer-

cure, Vénus, la terre ou Cybèle, et Mars. Plus loin du soleil, les quatre grosses planètes, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, occupent un espace dont les limites sont trente fois plus éloignées du soleil que la terre. Entre Mars et Jupiter est un espace immense qui n'est occupé que par de minimes planètes dont j'ai donné la liste et les noms dans un article précédent. Au 1er janvier de cette année 1856, il y en avait trente-sept observées, et ce nombre d'ici à quelques années sera encore grandement augmenté. Kepler, le chercheur des lois du monde, s'était déjà étonné, il y a deux siècles, qu'entre Mars et Jupiter *il y eût une place vide.* Depuis le 1er janvier 1801, les astronomes modernes ont peuplé cette place vide de nombreuses petites masses planétaires qui, suivant une expression connue, ne feraient pas même la *monnaie* d'une planète de grosseur moyenne comme Mars ou la terre. Ce partage des planètes en moyennes voisines du soleil, en intermédiaires d'une petitesse extrême, et enfin en grosses planètes occupant la région la plus éloignée de l'astre central, a sans doute une cause physique. Lagrange a entrevu et M. Le Verrier a suivi encore plus loin ce résultat des lois du mouvement, savoir que dans la région qu'occupent ces nombreuses petites planètes, la condition des masses destinées à devenir ultérieurement des planètes était celle d'un mouvement instable, ce qui devait ou les soulever vers la région supérieure où prédomine Jupiter, ou bien les précipiter avec le reste de la matière chaotique vers le soleil. Suivant une expression parfaitement juste de M. Le Verrier, ce ne sont pas les petites planètes qui doivent nous sembler quelque chose d'éton-

nant ; ce sont les grosses qui ont aggloméré, on ne sait comment, toute la matière qui était au-dessus et au-dessous d'elles.

Il y a donc lieu de chercher quelles sont les saisons de quarante-cinq planètes, dont quatre grosses, quatre moyennes, et trente-sept d'une dimension minime.

Les quatre moyennes ne sont pas, à beaucoup près, d'égale grosseur. La terre et Vénus sont presque pareilles en tout, sauf l'avantage d'une lune que possède notre Cybèle. Mercure et Mars sont beaucoup plus petits ; Mercure n'est en volume que le seizième, et Mars le septième de la terre et de Vénus. D'autre part, Jupiter est quatorze cents fois plus gros que la terre, Saturne sept ou huit cents fois, Uranus quatre-vingts fois, et enfin Neptune cent fois. Avec de telles disproportions de dimensions et de distances à l'astre échauffant, on doit s'attendre à de grandes variétés de saisons, puisque avec le même soleil toute l'année l'Europe a l'hiver et l'été, qui ne se ressemblent guère. Que sera-ce si l'on compare entre eux Neptune et Mercure, celui-ci ayant un soleil six mille fois plus chaud que Neptune ?

Pour étudier les saisons des planètes du monde solaire, nous les partagerons en trois classes, celles qui, comme Saturne et Mars, ont des saisons analogues à celles de la terre, celles qui, comme Uranus, Mercure et Vénus, ont des saisons et des climats excessifs. Enfin nous mettrons à part l'immense Jupiter, qui, avec son printemps perpétuel, n'a pour ainsi dire point de saisons. Ses divers climats sont invariables pendant tout le cours de son année, qui est en durée douze fois plus longue que la nôtre.

En appliquant d'abord à notre globe, pour être plus

intelligible; les questions que nous allons faire à l'astronomie sur les autres planètes, figurons-nous la terre accomplissant en un an sa course autour du soleil, et revenant à la même position après avoir présenté successivement ses deux pôles aux rayons de l'astre de la lumière et de la chaleur. Si nous partons du printemps, nous avons d'abord dans nos régions tempérées des jours et des nuits de douze heures, puis le jour gagne en durée et la nuit se raccourcit; puis, à Paris du moins, les jours sont de seize heures, et la nuit de huit seulement. Pendant cette saison, qui est le printemps, les neiges qui ont recouvert une grande partie des continents septentrionaux disparaissent pour faire place à une active végétation; les arbres se couvrent de verdure, et les plantes que l'hiver a fait périr renaissent de leurs graines pour rivaliser de feuillage avec les végétaux permanents; les fleurs, les graines, les rejetons, assurent la reproduction des espèces, et les espèces sociales, tant les plantes que les arbres, envahissent le sol dans les localités non soumises à l'homme par le seul bénéfice de la force d'association. C'est ainsi que nous observons d'immenses forêts de pins, de chênes et de hêtres, et des plaines sans bornes couvertes exclusivement de chardons, de trèfle et de bruyères. Une des plus curieuses conséquences de la marche bien observée des saisons, c'est que les riches moissons qui alimentent en Europe le quart du genre humain sont, quant à leur cause, dues à l'hiver tout autant qu'au printemps, qui développe les céréales, et à l'été, qui les mûrit. En effet, si le blé n'était pas astreint à périr dans l'hiver, si ce n'était pas, suivant l'expression des botanistes, une plante annuelle,

elle ne monterait pas en épis et ne produirait pas les utiles récoltes qui, depuis Cérès et Triptolème, ont assuré l'alimentation des populations nombreuses de l'Europe, et même ont donné naissance à ces populations. Pour se convaincre de cette vérité, il n'y a qu'à descendre plus au midi, dans l'Afrique, dans l'Asie et dans l'Amérique. Dès que l'on arrive dans un climat où l'hiver ne tue point nécessairement les céréales, la plante devient vivace comme l'herbe l'est chez nous; elle se propage de rejetons, reste constamment verte, et ne fait ni épis ni grains. Là, ce sont d'autres végétaux, comme le millet, le maïs, le doura et diverses racines, qui donnent les fécules nutritives. Cet effet du climat est surtout frappant dans les contrées équatoriales qui, comme le Pérou, présentent de grands plateaux dont l'élévation abaisse la température, et où le blé monte en épis et donne des moissons, tandis que cela n'arrive jamais dans les plaines inférieures. L'organisme de la plante, par un inconcevable miracle, semble pressentir la nécessité de passer par l'état de graine pour ne pas périr complétement pendant la saison rigoureuse. J'ai remarqué qu'une cause analogue produit des récoltes de céréales dans une localité intertropicale, dans l'île de la Jamaïque : là toutes les parties de l'île qui ont une *saison sèche*, c'est-à-dire une saison où toutes les plantes meurent de sécheresse, ont du blé; car cette plante, par le même pressentiment organique que nous avons déjà indiqué, se hâte de monter en graine et de fructifier aux approches de la saison qui doit la dessécher. Au reste, c'est une expérience que tous ceux qui ont un jardin peuvent faire pendant l'été, car pour bien de lé-

gumes, si on cesse de les arroser abondamment, on les voit en quelques jours perdre leurs qualités alimentaires pour prendre une tige ligneuse et arriver promptement à la maturation de leurs semences.

A la fin du printemps et au commencement de l'été, le soleil, qui s'est avancé vers le nord, fait pulluler dans notre hémisphère et jusque auprès du pôle toutes les espèces animales, comme il fait naître et se développer les espèces végétales. Quadrupèdes, oiseaux, poissons, amphibies, insectes, mollusques, animaux microscopiques, peuplent les terres et les mers septentrionales, soit par naissance locale, soit par immigration. A voir dans ces régions le nombre et la taille des êtres vivants, on peut douter que pour la vitalité l'équateur puisse rivaliser avec le cercle polaire. Sans compter l'ours, le renard, le lièvre, le bœuf sauvage, quelles myriades d'oiseaux de mer et de rivages! quelle masse vivante que ces bancs migratoires de harengs qui viennent sur nos côtes enrichir nos pêcheries et celles de l'Europe septentrionale!

..... Ubi Scandia dives
Halecas totum mittit piscosa per orbem.

On sait que les Hollandais ont élevé une statue à celui qui le premier trouva l'art de conserver en masse ces utiles poissons, ces *alecas* ou *halecas* dont les Romains n'avaient su tirer qu'un condiment analogue à nos sauces d'anchois, ou plutôt à celles de l'Angleterre.

Je n'ai pas encore fini avec la vitalité du Nord, je n'ai pas nommé les morses et les phoques qui vivent en abondance jusqu'au 80e parallèle sur les plages et les

glaces du Spitzberg, et constituent des amphibies énormes et pleins d'énergie. Enfin c'est encore vers les deux pôles de la terre que les baleines et autres cétacés font leur principale résidence. Lacépède fait la remarque qu'on a vu des baleines de 100 mètres de long, et par suite, si l'on dressait un de ces cétacés contre les tours de Notre-Dame, qui ont plus de 60 mètres, il les dépasserait encore de 30 ou 40 mètres. Il est certains animaux qui croissent toute leur vie. Au reste, l'amiral Smyth, non moins excellent naturaliste qu'astronome distingué, met en doute qu'aucun être vivant dans l'eau meure de sa mort naturelle. Par leur frai, par leurs œufs, par leurs petits, par leurs adultes, par leurs individus en âge de maturité, les poissons semblent faits pour alimenter toutes les classes d'animaux, y compris même la leur. Dans les romans de chevalerie de nos pères, on peut définir un géant un être *fait pour être tué* par un chevalier errant; dans la nature, on peut définir un poisson « un animal destiné à être dévoré par un autre animal. » Souvent sur les bords de l'Océan, sur des points peu fréquentés, j'ai observé avec étonnement à l'approche de la tempête les oiseaux du rivage, agités d'une espèce d'activité fiévreuse, courir çà et là en appelant évidemment l'agitation des flots, non pas, comme le dit Virgile, dans le désir de se baigner,

Et studio incassùm videas gestire lavandi,

désir que rien ne les empêche de satisfaire, mais bien dans l'espoir impatient de voir les lames qui accostent le rivage leur jeter une proie assurée. C'est un pronostic de tempête des plus sûrs que cette agitation des

oiseaux de rivage qui se précipitent vers la mer quand les flots vont être soulevés par le vent ou même par la marée ordinaire.

Si nous suivons le soleil dans sa marche rétrograde vers le sud, nous voyons la chaleur de la saison baisser avec la hauteur du soleil à midi, les jours de douze heures reparaître, puis l'automne finissant avec des jours de huit heures et des nuits de seize heures, et enfin l'hiver, dont les jours sont de même grandeur que ceux d'automne, mais qui, succédant à une saison froide, est pour cette raison encore plus froid que l'automne, de même que l'été, dont les jours sont semblables à ceux du printemps, est bien plus chaud que celui-ci, parce qu'il verse ses rayons sur une terre déjà échauffée.

Je ne partage point l'heureuse disposition d'esprit de ceux qui ont le bonheur ou, si l'on veut, la passion de l'admiration dans la nature. S'ils trouvent merveilleux que la subsistance de certains oiseaux ait été assurée aux dépens des poissons, ils devraient blâmer la partialité qui a désigné ceux-ci comme victimes obligées des premiers. A cela on répond qu'autrement les poissons seraient en trop grand nombre. D'accord ; mais, quoi qu'il en soit de ces spéculations métaphysiques, je remarquerai dans la production des saisons et des climats planétaires combien est simple le mécanisme par lequel se produisent ces grands effets. Puisque tout dépend de ce que le soleil éclaire plus ou moins notre hémisphère ou l'hémisphère opposé, il est évident que toute disposition qui rapprochera le soleil successivement de l'un ou de l'autre pôle d'une planète produira ce que nous observons annuellement. Pour vérifier cela,

prenez une boule qui tourne sur deux pointes ou pivots, comme les globes géographiques appelés sphères, et présentez-la à une lampe à une certaine distance. La moitié éclairée aura le jour, et l'autre la nuit. En faisant tourner le globe entre ses pivots, le jour et la nuit se succéderont sur ce globe comme sur la terre, et si on le fait tourner autour de la lampe, le temps qui sera employé à en faire le tour sera analogue à l'année, comme le temps que le globe met à tourner sur lui-même est analogue au jour; mais ce qui fait les saisons, ce sera la position des deux pivots sur lesquels tourne le globe. En effet, tout le monde voit bien que si ces pivots sont à égale distance du corps éclairant et situés l'un au-dessus, l'autre au-dessous et symétriquement, le globe en tournant présentera toujours les mêmes points à la lumière, n'importe dans quelle position il soit à l'entour de la flamme. Il n'en sera plus de même si les deux pivots offrent une ligne inclinée et de biais par rapport au point éclairant et à la route circulaire que suit le globe autour de ce point. En effet, il est évident qu'alors ce sera tantôt l'un, tantôt l'autre des pôles ou pivots qui sera illuminé, tandis que l'opposé sera dans l'ombre, et que par rapport à chaque point du globe le corps lumineux paraîtra s'avancer au-dessus de lui, quand il arrivera à illuminer de plus en plus le pôle placé de son côté, tandis qu'il s'abaissera de plus en plus quand, d'après la position contraire, les rayons du foyer de lumière se porteront vers le pôle opposé. Une pomme, une orange, une bille de billard pincée entre le pouce et le doigt du milieu et promenée circulairement autour d'une lampe posée sur un gué-

ridon ou sur une table ronde, montreront convenablement tous ces effets, pourvu que les doigts qui retiennent le petit globe ne soient pas l'un au-dessus de l'autre et que les points d'appui offrent une ligne inclinée. Dans ces conditions, on verra successivement l'illumination atteindre les deux points ou pôles où portent les doigts. On complétera l'analogie en faisant tourner le petit globe sur lui-même à chaque point de la marche circulaire dont la durée représentera l'année, de même que celle de la rotation du globe sur lui-même et entre les doigts de l'expérimentateur représentera la durée du jour.

Si dans cette expérience on ne plaçait pas le petit globe obliquement, alors il se présenterait toujours de la même manière au centre lumineux : c'est ce qui a lieu pour l'immense planète Jupiter, dont la grosseur égale quatorze cents fois celle de la terre, mais qui, n'étant pas aussi compacte que notre globe, n'est guère que trois cent cinquante fois aussi massive. Ainsi, en supposant des balances d'une dimension suffisante, il ne faudrait que trois cent cinquante masses égales à celle de la terre pour équilibrer Jupiter. Quelles saisons, quels climats cette énorme planète peut-elle avoir?

D'abord il n'y a point là, à proprement parler, de saisons, puisque le soleil ne varie point d'aspect et ne va point, comme pour la terre, tantôt en s'éloignant vers le pôle opposé à une localité, tantôt en se rapprochant du pôle voisin. Comme la planète cependant, dans son année, qui dure autant que douze de nos années terrestres, ne reste pas strictement à la même distance du soleil, il peut y avoir quelque

variation dans la force de la lumière qu'elle reçoit de cet astre. Ainsi, pour la terre, le soleil est un peu plus près de nous au mois de décembre qu'en juillet, et les rayons solaires, pris à la même hauteur au-dessus de l'horizon dans les deux cas, sont inégalement chauds ; ils sont plus forts d'environ un quinzième l'hiver que l'été. Cependant la terre dans son ensemble ne reçoit pas plus de chaleur dans une saison que dans l'autre, car si le soleil est plus chaud pendant l'hiver, par compensation cette saison dure moins que l'été. On peut en dire autant de l'hiver comparé au printemps. Quand il y a pour une saison avantage dans la force échauffante de l'astre plus voisin, il y a compensation exacte par une durée plus grande de l'autre saison qu'on lui compare. Ceci est une déduction mathématique et infaillible. Les auteurs anglais, qui ont tant écrit sur la *théologie naturelle,* ne paraissent pas avoir connu cette belle loi, qui leur aurait servi à plaider ce qu'ils appellent le *dessein dans la nature,* c'est-à-dire l'*intention* ou le *fait exprès*. Si nous joignons à la faiblesse des variations de l'échauffement solaire dans Jupiter cette circonstance, que les rayons de cet astre y sont vingt-sept fois moins chauds qu'ils ne le sont à la distance où nous nous en trouvons sur la terre, on jugera qu'il n'y a guère de variations thermométriques à la surface de cette vaste planète, et comme de plus les jours et les nuits n'y sont que de cinq de nos heures, le refroidissement de la nuit et l'échauffement du jour y sont très-limités. Pour nous autres habitants de la terre, quelle différence entre ce qui se passe chez nous et ce qui a lieu sur cette planète, la reine du système plané-

taire! Combien les grands phénomènes de notre nature terrestre, les saisons, les climats, le soleil, l'année, le jour et la nuit, perdent de leur importance aux yeux de ceux qui voient la nature opérer tout différemment dans une autre planète, laquelle est tant de centaines de fois plus grosse que la terre, avec une année qui dure douze fois plus, un soleil vingt-sept fois moins ardent, un printemps perpétuel, et des jours et des nuits de cinq de nos heures seulement! Il est fâcheux que Voltaire, qui tournait en dérision notre globe parce qu'il se présentait au soleil *de biais et gauchement*, n'ait point considéré les climats de Jupiter, qui présente toujours son équateur au soleil sans aucun biais; je ne sais s'il eût été complétement satisfait. Cependant on aurait pu lui faire remarquer que le ridicule qu'il jette sur notre pauvre planète, qui suivant lui *n'est pas tout à fait les Petites-Maisons de l'univers, mais qui en approche*, est moins fondé qu'il ne semble l'admettre, car cette position gauche qu'il critique est précisément ce qui porte la vie chaque année aux deux pôles opposés. Sans cela, nos blés, qui demandent 2,000 degrés de chaleur accumulée pendant un nombre suffisant de jours, ne pourraient guère mûrir en Europe avec la température du commencement du printemps, c'est-à-dire celle du 21 mars. Quant à la vigne, il n'y faudrait pas penser. L'orge, moins exigeante que le blé et qui ne demande que 1,200 degrés de chaleur, ne croîtrait pas à l'extrême nord de l'Europe, comme elle le fait aujourd'hui pendant les rapides étés de ces tristes contrées. En un mot, il est très-difficile que ce qui est n'ait pas une raison d'être, et quoique la variété de la nature dans

les diverses planètes doive un peu embarrasser les metteurs en œuvre des causes finales universelles, il est dans chaque cas tant d'effets coordonnés à une même cause, et qui en dérivent immédiatement, qu'il est fort difficile de juger ou la convenance ou la non-convenance de ce qui est établi. Au siècle de Voltaire, où les millionnaires se croyaient obligés de se connaître en littérature et ne traitaient pas encore les hommes d'Etat et les hommes de lettres *famillionnairement*, suivant l'heureuse expression de M. Henri Heine, un fermier général demandait à Fréron des conseils sur l'art de juger les œuvres littéraires : « Dites toujours que c'est mauvais, lui répondit le rude critique ; c'est un moyen assuré d'avoir presque toujours raison. » On peut admettre la théorie contraire pour ce qui s'observe dans les opérations de la nature. Admettre que ce qui est a de bonnes raisons d'être, c'est s'appuyer sur une probabilité qui approche bien près de la certitude ; seulement ce qui a été fait dans une planète pour certaines raisons peut avoir été fait différemment dans une autre pour d'autres raisons non moins bonnes dans cet autre monde. *Sempre bene*.

J'ai toujours remarqué que ceux qui m'adressaient des questions sur les mondes planétaires étaient inquiets pour les planètes supérieures et très-éloignées du soleil du peu de chaleur que doivent avoir là les rayons de notre Phébus terrestre. Ce mot grec, qui caractérise le soleil par le mot de brillant, d'éclatant, d'ardent, de lumineux par excellence, paraît un peu exagéré pour une planète comme Jupiter, où il est vingt-cinq fois moins brillant que pour nous. Il l'est, avons-nous dit,

cent fois moins pour Saturne, quatre cents fois moins pour Uranus, et neuf cents fois moins pour Neptune. Quelle délicatesse ne faudrait-il donc point admettre dans les organismes vivants de ces planètes pour y rendre les rayons solaires efficaces? Voici ce que je réponds à cette question, en laissant du reste au questionneur toute liberté de juger lui-même d'après les faits, ou d'examiner toute autre solution qu'il lui plaira d'imaginer.

La sensation du froid et de la chaleur n'est que relative. Dans les environs de Paris et dans l'Europe moyenne, où le thermomètre peut varier entre des extrêmes distants de 50 à 60 degrés centigrades, des variations de 5 à 6 degrés ne nous sont guère sensibles; mais les Européens qui arrivent dans les régions intertropicales, comme au Brésil, aux Antilles, dans l'Inde, s'habituent tellement à cette température constante, qu'en peu d'années les plus petites variations de chaleur leur deviennent insupportables, et qu'il n'y a point pour eux assez de manteaux et de fourrures pour les en préserver. Les habitants de la zone torride semblent, par leurs amples vêtements, avoir pour but de se préserver de toute participation à la température extérieure d'après le proverbe espagnol, que ce qui préserve du froid préserve tout aussi bien de la chaleur. Nos sens ne jugent et ne sont impressionnés que par comparaison et par contraste. La source qui nous paraît froide l'été nous paraît chaude l'hiver. Il en est de même des eaux et des lieux peu accessibles aux variations thermiques des saisons. Les Latins et les Grecs avaient déjà très-bien noté ces effets organiques. Pour ne pas remonter si haut, je citerai une observation de notre savant voyageur fran-

çais M. Antoine d'Abbadie. Étant en Abyssinie, il voulut se plonger dans un bain qui lui parut tellement froid, et lui causa une sensation tellement douloureuse, qu'il ne put y rester. Curieux de voir à quel degré était ce malencontreux bain froid, il y plongea le thermomètre. C'était une température à cuire un Européen non acclimaté sur les bords du Nil supérieur. On sait que le naïf la Fontaine, après une discussion sur le feu de l'enfer, prétendait que les damnés s'y acclimateraient si bien, qu'ils seraient là comme le poisson dans l'eau, et dans les publications récentes des œuvres astronomiques de M. Arago, on trouve que si une comète emportait la terre à une immense distance du soleil, la vie pourrait bien s'y conserver malgré les grandes variations de chaleur qu'éprouverait notre terre. A part l'impossibilité qu'il y a de voir une fourmi entraîner un éléphant ou une baleine, comment croire que nos organismes pourraient supporter de pareilles épreuves? Pour faire succéder la vie au dépeuplement dans les champs qui entourent Paris, il suffit de 10 à 12 petits degrés centigrades; 30 ou 40 degrés suffisent pour tout dessécher dans le midi de la France : comment donc admettre que, sans périr, la nature vivante de notre planète pût supporter de tels extrêmes de chaleur et de froid? Car dans leur plus grand éloignement du soleil, les comètes ne doivent avoir que la température des espaces célestes, c'est-à-dire quelque chose comme 80 ou 100 degrés de froid, tandis que près du soleil certaines comètes, celle de 1843 par exemple, reçoivent des rayons du soleil cinq à six millions de fois plus chauds qu'ils ne le sont quand ils arrivent à notre terre.

Une cause de réchauffement peu mentionnée jusqu'ici dans les livres d'astronomie et de géologie, c'est l'atmosphère même des planètes. Dans le cas de Jupiter, nous ne pouvons douter que cette atmosphère n'existe. Les bandes obscures que nous voyons sur son disque et qui suivent la direction de nos vents alizés sont évidemment des phénomènes d'atmosphère, puisque ces bandes disparaissent quelquefois, et qu'il s'y montre des taches momentanées indiquant des perturbations ou des orages analogues à ceux de notre atmosphère. C'est une curieuse propriété de la lumière que celle qui explique l'influence que peut avoir une atmosphère pour aider les rayons solaires à échauffer une planète, et notre terre comme toute autre.

Cette propriété consiste en ce que les rayons du soleil, après avoir traversé l'air, une vitre ou un corps transparent quelconque, perdent la faculté de retraverser ce même corps transparent pour retourner vers les espaces célestes. C'est par un procédé fondé sur cette loi physique, non expliquée jusqu'ici, que les jardiniers accélèrent au printemps la végétation des plantes délicates en les recouvrant d'une cloche en verre qui admet les rayons solaires, mais ne les laisse ensuite s'échapper qu'avec beaucoup de difficulté. Si le jardinier met deux ou trois cloches l'une sur l'autre, il fait invariablement cuire la plante ainsi recouverte, et même dans les jours sereins de mars et d'avril il est souvent obligé de relever un des bords de la cloche de verre pour que la plante ne souffre pas du soleil de midi. Au moyen d'un appareil composé d'une boîte noircie en dedans et de plusieurs glaces superposées, Saussure a pu

porter de l'eau à l'ébullition, et dans son séjour au cap de Bonne-Espérance dans les jours brûlants de la fin de décembre, sir John Herschel a pu faire cuire un *bœuf à la mode de grandeur très-raisonnable* au moyen de deux boîtes noircies placées l'une dans l'autre et garnies chacune d'une seule vitre, sans aucune autre cause de chaleur que les rayons solaires qui venaient s'engouffrer sans retour possible dans cette espèce de *souricière*. Il y eut de quoi *régaler* toute sa nombreuse famille et les invités à cette cuisine opérée avec un fourneau d'un si nouveau genre. Cette même loi nous explique le froid qui règne sur les hautes montagnes. C'est que là les couches d'air, étant moins compactes et en moindre nombre, n'opposent pas au retour des rayons vers l'espace céleste le même obstacle que l'atmosphère entière quand les rayons sont arrivés dans la plaine. C'est un cas analogue à celui où, au lieu de deux vitres, on n'en met qu'une sur une capacité que l'on veut échauffer par l'absorption des rayons du soleil. Nos vitres de fenêtre produisent le même effet, et même dans les appartements non habités déterminent une grande élévation de température quand elles sont exposées au midi. En visitant l'été les salles des vieux châteaux abandonnés, on peut remarquer que celles qui ont conservé leurs vitres ont quelquefois par un beau soleil une chaleur insupportable.

Il suffit donc d'attribuer à une planète une atmosphère plus ou moins épaisse pour augmenter ou diminuer la chaleur à sa surface. C'est probablement un effet de ce genre qui a eu lieu pour la terre dans les époques qui ont précédé la nôtre, et où tout indique qu'une atmo-

sphère moins légère et moins pure, contenant surtout une grande quantité de gaz acide carbonique, recevait et gardait en plus grande quantité les rayons du soleil. Dans les lieux profonds comme le bassin de la mer Morte, qui est à 400 mètres au-dessous du niveau de l'Océan, on éprouve par l'action des rayons solaires une chaleur formidable. J'avouerai cependant que, malgré toutes les atmosphères du monde et malgré les grands succès de nos sociétés d'acclimatation tant pour les poissons que pour les animaux domestiques, je ne me figure pas facilement une acclimatation des organismes terrestres, non pas seulement dans le cas de la comète d'Arago, mais même dans la planète Neptune avec un soleil qui est neuf cents fois moins chaud que sur la terre.

Après la planète Jupiter et son printemps perpétuel viennent les planètes Saturne et Mars, qui, comme la terre, voient le soleil se balancer dans le ciel d'un pôle à l'autre, donnant les saisons chaudes à l'hémisphère voisin du pôle dont il se rapproche, et les saisons froides à l'hémisphère opposé. Les saisons sont un peu plus marquées dans Saturne que dans Mars d'après l'obliquité de la ligne de ses pôles, et ces mêmes saisons sont un peu plus prononcées dans Mars que sur la terre. Nous ferons pour Saturne la même observation que pour Jupiter: d'abord, le soleil y doit être bien faible, puisqu'il est cent fois moins fort que chez nous, et ensuite, comme la planète tourne sur elle-même en dix heures et demie, les jours et les nuits y ont peu de durée et s'y succèdent très-rapidement. Quant à l'année, elle y est de trente de nos ans. Pour ne plus revenir sur ces longues années, nous dirons tout de suite que pour

Uranus, l'année est d'un peu plus de quatre-vingts ans, et que pour Neptune, elle est d'un siècle et demi. Ainsi un centenaire dans Neptune aurait vécu quinze mille ans!

Je n'ai rien à dire sur les saisons de cette dernière planète, qu'on ne peut observer que difficilement avec les détails convenables, à cause de sa grande distance. La marche de son satellite indiquera approximativement sa rotation et l'inclinaison de la ligne de ses pôles. Je n'ai aucun souvenir que ce sujet ait été traité par quelque observateur. Il est toujours permis de dire avec Socrate: Tout ce que je sais, c'est que je ne sais rien, pourvu qu'aucun autre ne puisse dire qu'il sait quelque chose de plus.

Je prie incidemment le lecteur de vouloir bien me permettre de lui faire remarquer la puissance des symboles mathématiques et combien est vraie cette assertion de Pythagore, que les nombres gouvernent le monde. Un cosmographe s'épuisera à énumérer tout ce que les saisons de la terre ou de Mars offrent de particulier; il montrera les deux régions polaires de ces planètes tour à tour couvertes de neige et tour à tour rendues à la végétation et à la vie. Il dira la longueur des jours pour chaque latitude et la durée de chaque saison avec chaque climatologie. Le mathématicien n'a besoin, pour dire tout cela, que d'un seul nombre. Ainsi, quand à côté du nom de la troisième planète à partir du soleil, la terre, il a inscrit l'angle 23 degrés 27 minutes et demie, tout est dans ce nombre, saisons, climats, longueur des jours, aspects célestes, végétation, vie animale, sans compter les marées et bien d'autres influences

que le génie de l'homme n'a point encore découvertes.

La terre se trouvant placée dans les espaces célestes entre Vénus et Mars, ce sont ces deux planètes voisines qui nous intéressent le plus par leurs analogies ou leurs contrastes avec notre globe. Or, pour les saisons, rien de plus analogue aux saisons de notre Cybèle que les saisons de Mars. C'est en deux ans environ que s'accomplit sa révolution autour du soleil, analogue à notre année. Le jour de Mars est à peu près comme le nôtre, puisqu'il est de 24 heures 37 minutes. Seulement la planète est beaucoup plus petite que la terre, dont elle n'est que le septième ou huitième en masse et en volume. J'ai déjà dit et redit dans ces *Études* que l'on voyait dans l'hiver la neige couvrir le pôle nord de Mars et s'étendre sur les régions polaires, comme on l'observe sur la terre, et que quand le soleil arrive vers chaque pôle, la fusion de la neige laisse un espace gris et sans doute boueux entre la partie où n'arrive pas la neige et celle où les glaces polaires sont permanentes. Ces glaces polaires sont elles-mêmes un obstacle à la mesure exacte des dimensions de la planète, car comme elles forment un point d'un grand éclat et d'une vive blancheur, elles font paraître la planète plus épaisse dans ce sens qu'elle ne l'est réellement, à peu près comme le croissant de la nouvelle lune paraît déborder le disque obscur qui s'observe au moyen du reflet de la terre, lequel porte le nom de lumière cendrée. J'ai moi-même été témoin des mesures que prenait Arago des dimensions de cette planète avec un appareil d'une force insuffisante; mais son coup d'œil d'aigle lui faisait obtenir des déterminations d'une telle concordance, qu'a-

vec des grossissements dix fois plus grands un observateur ordinaire n'eût pas été plus sûr de son résultat. Il faut l'avoir vu à l'œuvre pour comprendre tout ce qu'une organisation si privilégiée pouvait tirer des instruments.

Tout le monde sait que la zone torride s'étend entre les deux points extrêmes qui ont au solstice le soleil précisément au-dessus de leur tête, et où, suivant l'expression de Lucain, les arbres cessent d'avoir une ombre à midi. Il serait plus juste de dire que c'est un bâton qui, à cette époque de l'année et à cette heure du jour, n'a point d'ombre du tout. Sur notre terre, cette zone torride n'occupe pas tout à fait la moitié de la surface du globe, car il faudrait qu'au lieu de s'arrêter à Syène, à la frontière sud de l'Égypte, elle s'avançât jusqu'au Caire ou plutôt jusqu'à la grande pyramide. Je ne sais si on a remarqué avant moi que les Égyptiens avaient placé ce gigantesque monument exactement sur le parallèle qui partage en deux parties l'hémisphère nord, en sorte que du parallèle de la grande pyramide au pôle il y a juste la même superficie que de ce parallèle à l'équateur. C'est une curieuse coïncidence, et qui ne peut être fortuite. Une des importantes conséquences que l'on en déduit, c'est que depuis quarante siècles les latitudes terrestres n'ont point sensiblement changé, car il est évident que les constructeurs de cette pyramide ont voulu la placer juste à 30 degrés de latitude, où elle est encore, partageant en deux parties égales notre hémisphère.

Or c'est à peu près vers la moitié de l'hémisphère de Mars que le soleil arrive au solstice, et si les habitants y ont construit une pareille pyramide, elle doit

avoir le soleil au-dessus d'elle au plus grand jour de ce côté de l'équateur. Dans Mars, la zone torride occupe la moitié de la planète, tandis que sur notre terre elle n'en possède qu'un peu plus des trois huitièmes. Dans chaque hémisphère de Mars, la zone torride occupe 30 degrés de latitude, la zone tempérée 30 degrés, et la zone glaciale 30 autres degrés. La première de ces zones occupant à elle seule autant d'espace superficiel que les deux autres réunies, Mars offre une teinte rougeâtre que l'on a attribuée à la couleur de ses terrains, colorés en rouge par l'oxyde de fer; d'autres ont voulu y voir une végétation de plantes de cette couleur. Dans ce cas, sa couleur serait variable avec les saisons de la planète, ce qui n'a point encore été observé. Le soleil pour Mars est environ deux fois moins chaud que pour la terre, et, par suite, c'est de toutes les planètes celle dont les influences solaires se rapprochent le plus de la terre; car Vénus, qui a le soleil deux fois plus chaud que la terre, diffère d'une unité entière, dans la chaleur qu'elle reçoit, de la chaleur que reçoit la terre, tandis que Mars n'en diffère que d'une demi-unité.

Uranus, Vénus et Mercure font une catégorie à part pour les saisons. Dans chacune de ces planètes, le soleil s'avance tellement près des pôles, qu'il ne laisse aucune place à une zone tempérée. Mettant de côté Uranus, où les rayons du soleil sont quatre cents fois plus faibles que sur la terre, et Mercure, qui fait sa révolution analogue à notre année en 88 jours avec un soleil sept fois plus brûlant que le nôtre, et des jours de 24 heures 5 minutes, il nous reste à voir ce que la théorie et l'observation donnent pour les saisons et les

climats de cette belle planète, *ingens sidus,* comme dit Pline.

Les diverses mesures de l'inclinaison de l'axe de Vénus ne sont guère susceptibles de précision, mais toutes s'accordent à nous montrer qu'à chaque solstice le soleil de quatre mois en quatre mois passe du voisinage d'un pôle à celui du pôle opposé. On trouve dans l'*Astronomie* de M. Arago que le soleil arrive jusqu'à 15 degrés de chaque pôle de Vénus, tandis que les observations du Père de Vico à Rome, dans une localité unique pour la transparence de l'air, donnent au moins 23 ou 25 degrés pour cette distance. Si l'on compare donc Vénus à notre terre et que l'on mette cette dernière à sa place, on verra que le soleil arrive au moins jusqu'au parallèle qui sur notre terre marque le cercle polaire. Arrivé là, il éclaire et échauffe le pôle de Vénus avec les feux d'un soleil double du nôtre en force, à peu près aussi voisin du pôle que l'est le soleil de notre tête aux plus longs jours de l'été, et de plus qui ne se couche jamais. M. de Humboldt a observé qu'à la Havane, au solstice, le soleil, suspendu sur la tête des habitants pendant plusieurs jours, produit une chaleur supérieure à celle de l'équateur même. Or les circonstances qui accompagnent le solstice dans Vénus sont encore bien plus favorables à l'échauffement de son pôle que ne l'est pour la Havane le soleil tropical de la fin de juillet, puisque pour le pôle de Vénus le soleil ne se couche point.

Il résultera de toutes ces circonstances les saisons et les climats les plus bizarres et les plus excessifs que l'on puisse imaginer. D'abord point de zone tempérée,

puisque le soleil arrivera tout près du pôle à chaque solstice. Il fera pour chacun de ces points une saison des pluies comme on en observe sur la terre, et les glaces et la neige n'auront point le temps de se former au pôle, dont le soleil n'est absent que pendant quatre mois, c'est-à-dire pendant la moitié de l'année de cette planète, qui dure huit mois en tout. Les agitations des vents, des pluies et des orages doivent surpasser tout ce qu'on peut imaginer sur la terre, et les pôles de la planète doivent se montrer de face à la terre dans sa révolution autour du soleil. Ce ne peut donc être que rarement qu'une atmosphère aussi agitée doit laisser apercevoir les continents et les mers qui sont à la surface de Vénus, dont les jours d'ailleurs ont à peu près la même durée que les nôtres, savoir 23 heures 21 minutes. Tout nous indique donc que les saisons de cette planète ne ressemblent point à celles de la terre et de Mars, mais que son atmosphère et ses mers subissent une continuelle évaporation et une continuelle précipitation de pluies torrentielles avec des nuages qui ne laissent que rarement apercevoir le noyau géographique de la planète. Il reste à comparer minutieusement ces données théoriques à l'observation.

Que dire des jours et des saisons des trente-sept petites planètes que l'année 1855 nous a laissées en finissant? Certainement peu de chose. La seule détermination accessible semble devoir être la durée de leur jour. En effet, on a remarqué dans plusieurs de ces minimes fragments de la création un éclat variable qui provient sans aucun doute de ce qu'elles nous tournent divers côtés inégalement brillants. L'intervalle entre deux éclats

ou deux états obscurs de la planète nous donnera donc le temps de la révolution ou le jour de ces pygmées planétaires. Pour faire mieux comprendre cette idée, imaginons un observateur placé dans Jupiter ou dans Mars, et observant de là notre terre pendant plusieurs jours consécutifs. Il est évident que, quand il aura de son côté la partie continentale de la terre, savoir l'Asie, l'Afrique et l'Europe, notre planète lui paraîtra beaucoup plus illuminée que quand il recevra le reflet de l'océan Pacifique, dont les eaux renvoient bien moins de lumière que la terre sèche. Ce que je dis là n'est point une spéculation hasardée. Tout le monde sait que vers la nouvelle lune et après le dernier quartier, époques où le croissant de la lune est très-aigu et très-étroit, on aperçoit le reste du disque de la lune éclairé d'une faible lueur provenant du reflet de la terre. Or ce reflet, quand le croissant mince apparaît à l'orient avant le lever du soleil, en vieille lune, est beaucoup plus prononcé que quand ce croissant paraît le soir suspendu sur l'horizon occidental. C'est que, dans le premier cas, où le croissant est à l'orient, il reçoit le reflet de l'hémisphère oriental, qui est bien plus riche en terres que l'hémisphère occidental avec les plaines liquides de l'Atlantique et du Pacifique et le peu de terre de l'Amérique équatoriale. On attribue ordinairement cette théorie à Galilée, mais je n'ai pu la trouver dans ses œuvres.

Voilà donc ce que nous savons jusqu'ici d'un peu positif sur les saisons des planètes concitoyennes de la terre dans l'empire du soleil. La variété n'y manque pas, comme on voit, et les installateurs d'êtres vivants

ont beau jeu pour exercer leur imagination dans un si grand nombre de mondes si diversement partagés pour la chaleur, la lumière, la durée des jours et des ans, enfin pour tout ce qui constitue chez nous les saisons et les climats et les produits de la vie animale et végétale. Une seule chose pourrait empêcher d'admettre des habitants vivants dans les planètes éloignées du soleil : c'est le peu de chaleur de cet astre dans ces prodigieuses distances ; mais sans recourir à des organismes particuliers (ce que la nature du reste paraît facilement pouvoir faire pour des localités exceptionnelles), ne voyons-nous pas la vie subsister près des pôles de la terre, au Spitzberg par exemple, où l'on ne peut guère compter sur l'influence du soleil, qui peut à peine fondre l'été une partie des eaux congelées pendant l'hiver? N'avons-nous pas vu les puits artésiens forés en Egypte ramener avec les eaux souterraines des poissons pour lesquels le soleil et ses rayons étaient mille fois plus étrangers qu'aux habitants de Neptune? Plusieurs autres eaux souterraines, et notamment celles de la Carniole et de Laybach, ne nous offrent-elles pas des poissons et même des oiseaux pêcheurs vivant sous terre? Pour prescrire des limites à la faculté productive des organismes vitaux, tant pour les animaux que pour les plantes, il faudrait savoir ce que c'est que la vie; or c'est ce que nous ignorons complétement. N'a-t-on pas vu au commencement de ce siècle toutes les lois d'Aristote sur l'organisation animale échouer devant les bizarres habitants de la terre et des eaux dans l'Australie? N'y a-t-on pas trouvé des quadrupèdes couverts de poils et ayant un bec au lieu d'une mâchoire armée de

dents, de grands animaux dont les petits ne venaient au monde ni par le moyen des œufs ni par enfantement d'êtres nés viables? Je ne parle pas des belles organisations gigantesques qui ont disparu de notre terre, ni des races que l'homme a détruites à jamais, quand il a occupé les localités entières où vivaient ces races. Malheureusement, pour l'honneur de l'humanité, on peut compter parmi ces exterminations plusieurs races d'hommes, commes celles qui occupaient les îles Canaries ou bien Saint-Domingue et Cuba. En général la nature ne s'arrête que devant une impossibilité physique absolue, et jusque-là elle réalise tout. Une fois que l'on est bien convaincu de cette vérité, que les rayons du soleil ne sont pas indispensables à la vie, on trouvera toujours à une profondeur suffisante dans chaque planète la chaleur d'origine qui pourra s'accommoder aux exigences de bien des organismes végétaux et animaux.

Les notions astronomiques et physiques qui servent de base à cette étude sur les saisons des planètes solaires sont de celles que les observateurs, préoccupés principalement des lois du mouvement de ces planètes, ont presque entièrement négligées. L'astronomie physique exige en effet des télescopes très-puissants, une dextérité spéciale dans le maniement de ces grands instruments et une assiduité constante à saisir toutes les heures favorables à la vue des phénomènes, malgré les caprices météorologiques de l'atmosphère et la présence souvent gênante de l'illumination lunaire quand on observe de très-faibles objets. Parmi ceux qui ont eu le courage de créer des télescopes gigantesques et de s'en servir, on peut citer William Herschel et lord

Rosse, quoique ce dernier ait encore peu fait pour l'astronomie planétaire. Qu'il me soit permis de répéter ici, après Laplace, qu'un télescope de grandeur moyenne comme ceux de sir John Herschel, ou comme ceux de trois pieds anglais qu'on se propose d'expédier bientôt au cap de Bonne-Espérance, étant transporté dans les montagnes de l'équateur ou même sur nos Alpes ou sur nos Pyrénées, au-dessus des couches vaporeuses de l'air des plaines, nous montrerait sur la constitution physique de la lune et des planètes mille particularités qui nous seront à jamais insaisissables dans le fond de l'atmosphère épaisse où nous sommes relégués ordinairement. Toutes les questions qui se rapportent aux jours et aux atmosphères des planètes, à l'état de leur surface, pourraient obtenir une solution, et d'autres points non moins importants, savoir l'existence d'une planète plus près du soleil que Mercure, celle d'un satellite de Vénus, aussi bien que la détermination exacte du nombre de ceux qui circulent autour de Saturne, d'Uranus et de Neptune. Je ne parle pas des comètes, des nébuleuses de la voie lactée, de la lumière zodiacale, et de bien d'autres sujets de recherches.

La conclusion naturelle de ce qui précède serait un tableau des habitants de ces planètes dont nous avons indiqué les climats et les saisons. Ce n'est pas tout de bâtir une maison, il faut encore la peupler. Or les notions positives sur les habitants des planètes autres que la terre sont de celles que probablement on ne pourra jamais obtenir de la science observatrice. Le champ reste donc ouvert aux spéculations métaphysiques, théologiques ou philosophiques, et il n'est pas besoin d'é-

tudes très-profondes dans les sciences pour se lancer dans cette voie. Il suffit que les créations de l'imagination ne blessent aucun des faits constatés par l'observation. On peut du reste affirmer que dans aucune planète, excepté peut-être dans Mars, l'organisme humain ne pourrait continuer à vivre. Les habitants de ces planètes doués ou non d'intelligence ne sont donc point des hommes. Que sont-ils, que peuvent-ils être? A toutes ces questions, si l'on ne veut pas sortir des limites de la science des faits, de la vraie science positive, il n'y a qu'une réponse à faire : il faut savoir ignorer!

(Janvier 1856.)

SUR

LES PROGRÈS RÉCENTS

DE

LA GALVANOPLASTIE.

SUR

LES PROGRÈS RÉCENTS

DE

LA GALVANOPLASTIE.

De toutes les parties de la fameuse *Encyclopédie* française du siècle dernier, celle qui traite des arts et métiers est certainement l'une des plus importantes et des plus utiles, et c'est en même temps celle qui a eu le moins de lecteurs. Il est pourtant très-curieux d'étudier les procédés par lesquels le génie de l'homme a maîtrisé la nature et a tiré tant d'avantages de ses diverses productions. Franklin définissait l'homme *l'animal qui sait se faire des outils*. A ce point de vue, les plus simples et les plus vulgaires des instruments dont nous nous servons tous les jours méritent notre attention. La pince ou tenaille avec laquelle nous saisissons un fer rougi au feu n'est-elle pas une addition précieuse à la main, qui ne pourrait manier impunément un métal incandescent? La simple pincette du foyer domestique ne représente-t-elle pas deux doigts mécaniques qui ne craignent pas la brûlure? Pourrait-on remplir sa main de charbons

ardents comme on remplit une pelle à long manche, en évitant non-seulement le contact destructeur du feu, mais encore un proximité trop grande du foyer d'où l'on retire le combustible enflammé? Pourrait-on, en frappant du poing, faire le travail qui devient facile avec le marteau? On trouve dans Hésiode cette curieuse remarque, que les cyclopes, ouvriers admirables, avaient la force, l'activité et *des machines pour aider leurs travaux*. Dans Homère, Vulcain arrivant à sa forge fait souffler son feu par deux figures qui étaient évidemment des éolipyles, que l'on n'emploie plus aujourd'hui, sans doute parce que l'on a reconnu que l'air mêlé de vapeur d'eau brûle le charbon sans efficacité pour la production de la chaleur. Les curieux pourront voir dans la belle tragédie d'Eschyle *Prométhée enchaîné*, tous les arts que ce titan, bienfaiteur des hommes, se vante de nous avoir donnés. Indépendamment du feu, qui auparavant était exclusivement réservé aux dieux, il mentionne l'art de bâtir, l'astronomie, la marine, les animaux soumis au joug, la médecine, et, chose remarquable, l'art d'écrire et la science des nombres. Il dit qu'en donnant le feu, il a donné tous les arts à l'humanité, mais il y avait encore bien loin du feu à l'électricité.

La galvanoplastie, c'est-à-dire la fabrication électrique d'une pièce métallique, est-elle une science, un art ou une industrie? Se rapporte-t-elle à l'intelligence purement scientifique et métaphysique, ou bien doit-elle, comme la sculpture et la glyptique, être placée dans la brillante catégorie des beaux-arts, enfants privilégiés de l'imagination? Doit-on enfin n'y voir qu'un métier utile,

dont les produits s'adressent aux besoins de l'homme civilisé, comme tous ceux qui font refuser à ceux qui les exercent le titre d'artistes pour ne leur laisser que le nom d'artisans ou d'ouvriers?

La galvanoplastie est à la fois une science, un art et un métier. Son origine purement scientifique est la physique de l'électricité. Par ses applications à la production de tous les ouvrages où la forme domine, c'est un art, de ceux que l'on appelle par excellence *arts libéraux*. Enfin, par ses produits industriels, c'est une laborieuse ouvrière. Tout le monde sent la différence qu'il y a entre la fabrication des objets de quicaillerie, l'argenture ou la dorure des bronzes et le modelage d'une statue, la reproduction d'une planche gravée avec tous les raffinements de l'art le plus avancé.

Cette espèce de bilan qu'on a dressé de l'humanité en divisant les tendances prédominantes en intelligence, sentiment et besoins matériels, semble fondé sur l'observation des faits comme sur la nature intime de notre espèce. Les arts libéraux, qui tiennent le milieu entre les spéculations métaphysiques, accessibles à peu de têtes, et les travaux purement manuels, qui ne disent rien à l'imagination, sont ceux qui font l'honneur comme la félicité des nations civilisées tant par leur charme naturel que par leur influence salutaire sur la société. La galvanoplastie se recommande donc sous tous les points de vue à l'étude et à l'intérêt des esprits de toutes les classes.

Au moment où l'exposition universelle de 1855 fut annoncée au public, on s'imagina que des descriptions détaillées des procédés qui avaient fait éclore toutes les

merveilles de l'industrie seraient indubitablement recherchées par les visiteurs et par ceux qui n'auraient pas l'avantage d'étudier en détail tout ce que contenait l'immense palais, ou plutôt les immenses palais encombrés par le travail du monde entier. Il n'en a rien été. Les descriptions techniques ont été mises en réserve pour être consultées au besoin; elles n'ont point occupé les lecteurs, et ne sont point arrivées à prendre rang parmi les sujets de conversation des salons ou des sociétés de Paris et de la province. Elles ont eu tout à fait le même sort que les parties techniques de l'*Encyclopédie*. L'expérience indique donc que la science seule des faits n'a point d'attraits sans les déductions qui les rattachent à l'homme. « La fourmi, disait Bacon, amasse sans art; l'abeille amasse et élabore les matériaux qu'elle a recueillis. » Une remarque de salon me fournit un exemple qui peint bien ma pensée. Tout le monde a lu l'*Esprit des Lois*, le chef-d'œuvre de Montesquieu; et les lois elles-mêmes, qui a pris connaissance de leur immense ensemble, si ce n'est ceux qui en font une étude professionnelle?

Je m'abstiendrai donc de faire le tableau de tout ce qu'a produit l'électricité plastique depuis les pages qu'ici même je lui ai consacrées, et je passerai en revue les travaux de quelques ateliers de la capitale, sous le triple rapport de l'industrie, de la science et de l'art. Du reste, presque tous nos galvanoplastes ont réuni ces trois mérites dans leur fabrication.

Lorsque l'exposition universelle de France ouvrit au monde entier la concurrence de tous les mérites et la rivalité de toutes les fabriques, la puissante maison

Elkington de Londres sembla, pour la galvanoplastie, devoir primer le monde entier. Un seul fabricant français, M. Christofle, pouvait soutenir l'honneur de la France, et, n'écoutant que son patriotisme, il s'abstint de rechercher l'avantage d'être membre du jury international, afin de balancer les suffrages, qui en effet le placèrent au même rang que son rival. Mais ce n'est pas tout que de voir les produits d'une immense industrie d'utilité et de luxe ; il faut pénétrer dans les ateliers où se préparent tous les objets que la consommation française réclame et tous ceux par lesquels la France rend les autres nations tributaires de son art et de son activité. J'ose dire que, sous ce point de vue, il n'est point d'homme d'État qui ne voie avec admiration ou même avec reconnaissance l'atelier ou plutôt les cent ateliers de M. Christofle. Là, douze ou quinze centaines d'ouvriers et d'ouvrières, depuis les simples manœuvres jusqu'aux artistes de premier ordre, modèlent, fondent, *galvanoplastisent*, argentent, dorent, polissent mille sortes d'objets en métaux ordinaires ou précieux, depuis le couvert modeste du pauvre, recouvert en argent, jusqu'aux bronzes argentés et dorés destinés aux plus opulentes maisons du pays. L'agent scientifique, l'électricité, relégué dans un cabinet isolé en plein air pour éviter les émanations nuisibles, envoie par de longs fils de métal son influence aux réservoirs pour le dépôt de l'or et de l'argent et à ceux où le métal se dépose en lames et en figures dans des moules artistiques. Certaines pièces offrent du travail sans art, d'autres un art exquis; le plus grand nombre, qui composent ce qu'on appelle l'*ornementation*, présentent l'assemblage

des deux genres, savoir : des pièces massives, enrichies de détails du travail le plus précieux. L'attention scrupuleuse qui a été donnée partout à la salubrité de tous les ateliers pourrait être qualifiée d'admirable, si ce n'était pas l'estime plutôt que l'admiration qui dût payer cette philanthropie si rare. Quand on voit un agent tout à fait scientifique, l'électricité, travaillant en silence, avec une activité infatigable, à la création comme à la décoration de tant de pièces métalliques, on se figure involontairement Diderot, le directeur des articles d'arts et métiers de l'*Encyclopédie*, visitant aujourd'hui un grand atelier de galvanoplastie, et jouissant du progrès provoqué par sa noble initiative d'il y a un siècle. Diderot aurait vu avec bonheur la galvanoplastie réaliser l'union de l'industrie avec les beaux-arts, qu'il comprenait si bien. Comme dans les palais de l'industrie, cet esprit si hardi, et si au-dessus des préjugés de son siècle, aurait applaudi à la réhabilitation, pour ainsi dire officielle, du travail, qui a inauguré la seconde moitié du présent siècle, en admettant aux mêmes distinctions, aux mêmes décorations, le mérite de l'ouvrier et le mérite guerrier. Si, à l'exemple des Grecs, nous prenons la décade de dix années pour l'unité de temps, car le siècle est trop long pour l'activité de la civilisation moderne, la présente décade, qui est la sixième du XIX[e] siècle, et qui a vu les expositions de Londres et de Paris, et les récompenses honorifiques équitablement décernées à tous les travailleurs sans privilége autre que le mérite et sans égard à la routine des préjugés, la présente décade, disons-nous, occupera un rang distingué comme ayant réalisé un progrès moral et politique,

de même que le travail avait, lui aussi, réalisé un progrès utilitaire et national. *Quand on a été à la peine, on a le droit d'être à l'honneur!*

A voir la facilité avec laquelle, sous l'influence électrique, les métaux se solidifient en vases, en statues, en ustensiles divers, et passent de l'état liquide du bain qui les contenait à la rigidité que la fonte seule leur donnait autrefois, on pense tout de suite à ces montagnes de sel qui, dans les marais salants de l'Aunis, se retirent à l'état solide des eaux toujours agitées de l'Océan. Là, l'évaporation fait ce que l'électricité fait dans la galvanoplastie; seulement il est moins étonnant de voir les cristaux de sel solide apparaître quand l'eau les abandonne par sa volatilisation au travers de l'atmosphère que de suivre dans l'œuvre de l'électricité le dépôt métalliquement rigide exigé d'un réservoir qui ne perd rien par l'évaporation. Il y a deux ou trois décades d'années, on n'eût pas jugé possible de faire du cuivre, de l'or, de l'argent en masses compactes par des dépôts continus de particules pour ainsi dire précipitées une à une, et dont on ne pouvait attendre raisonnablement que du métal en grains, en poussière ou limaille impalpable, comme le donnent toutes les opérations chimiques.

En effet, si dans un laboratoire de chimie bien assorti en produits et en préparations, un flacon renfermant une poudre noire, terne, pulvérulente, porte l'étiquette *charbon de bois*, *charbon de sucre*, *charbon de terre* ou *noir de fumée*, vous replacerez ce flacon, qui ne dira rien de nouveau à votre curiosité; mais le flacon d'à côté, renfermant une substance tout à fait semblable,

également noire, terne et en poudre, portera l'étiquette *argent ;* un autre flacon, encore tout pareil, contiendra de l'*or*. De même le fer, le cuivre, le zinc, le plomb, l'étain et tous les métaux seront des poudres noires comme le charbon, et qu'il serait impossible de distinguer du charbon par l'aspect. Tels sont les produits de la précipitation chimique. Pour vous faire connaître le genre de ces poudres diverses de nature, quoique semblables d'apparence, le chimiste en prendra une petite quantité, et, la fondant au chalumeau, il produira un bouton d'or, de cuivre ou d'argent, suivant le bocal où il aura puisé la substance noire. Au commencement de ce siècle, on a été obligé de faire des travaux chimiques inouïs pour faire passer le platine de l'état de précipité pulvérulent à l'état compacte et malléable. Comme le platine est presque infusible, on n'avait pas, ainsi que pour l'argent et le cuivre, la ressource du feu pour l'agglomérer et le réduire en masse brillante. Les expositions des deux ou trois premières décades de ce siècle font foi de ces difficultés péniblement surmontées.

C'est ici le cas de remarquer combien avaient beau jeu les prétendus adeptes du grand œuvre, les possesseurs de la pierre philosophale que Molière appelle

..... Cette benoite pierre
Qui peut seule enrichir tous les rois de la terre.

Pour faire croire que dans leurs fourneaux ils changeaient diverses substances en métaux précieux et qu'ils faisaient de l'or, il est évident qu'ils mettaient frauduleusement de l'or en précipité noir au lieu de charbon, et qu'ensuite ils ne retiraient que l'or qu'ils avaient in-

troduit dans leur appareil. Sous la régence d'Anne d'Autriche, une mystification de ce genre pensa coûter la vie à l'alchimiste qui se l'était permise, et sans doute la catastrophe sera arrivée plus d'une fois entre la tyrannie avide et le charlatanisme impudent. En vérité on ose à peine plaindre de si peu intéressantes victimes. Quant à la galvanoplastie, au moyen de bains convenablement métallisés, elle a doré, argenté, cuivré, platiné en pellicule, en plaque, en masse compacte, à volonté. De même qu'on peut ne déposer qu'une mince couche métallique dans un moule creux, on peut le remplir complétement de métal sans y laisser aucun vide. C'est l'affaire du temps pendant lequel on laisse agir l'électricité de la pile.

La pile elle-même, cette admirable invention de Volta, que les ouvriers de Paris fabriquent par centaines et par milliers pour les télégaphes électriques, n'était au commencement du siècle que dans les cabinets de physique. Voici comment on la construisait. On plaçait sur une table un disque ou rondelle de cuivre sur laquelle on mettait une pièce semblable de zinc. La dimension de ces pièces ou rondelles était environ deux fois celle d'une pièce française de cinq francs. Au-dessus de la pièce de zinc, on posait une rondelle de drap mouillé d'eau salée, puis on posait dessus un second cuivre, sur celui-ci un second zinc, puis une seconde rondelle de drap humide. On continuait ainsi d'empiler les pièces de zinc sur les pièces de cuivre et les disques de drap mouillé sur les disques de zinc. Après trente ou quarante alternatives, la pile ainsi construite semblerait être le plus inoffensif et le plus innocent des appareils que l'on puisse ima-

giner. Cependant, si l'on met une main en contact avec la base de la pile et que de l'autre on touche le sommet, on ressent une violente commotion nerveuse qui agit incessamment tant qu'on touche le sommet et la base de la pile avec les deux mains. Avec la pile que Napoléon I[er] avait donnée à l'École Polytechnique, M. Gay-Lussac fut renversé du choc. Maintenant on administre l'électricité avec de petits appareils analogues à la pile pour le courant électrique, et qui sont très-efficaces sous un très-faible volume. Chaleur, lumière, composition et décomposition chimique des corps, transport des substances sous forme invisible, sécrétions organiques dans les plantes et les animaux, messages télégraphiques, travail moteur, tout est exécuté par cet agent sans poids, imperceptible à notre vue, et aussi mystérieux dans le bâton de cire à cacheter qui, frotté sur un habit, attire un fil léger que dans le nuage orageux où il constitue la foudre. Ainsi, après avoir fait travailler l'air, l'eau et le feu, le génie de l'homme a su prendre pour collaborateur le fluide même de la foudre, et, chose étonnante, ce redoutable agent physique s'est montré le plus docile et le plus apprivoisé de tous ceux que l'intelligence avait conquis sur la nature matérielle.

L'exposition universelle a vu et apprécié les résultats obtenus par MM. Hulot et Coblence. M. Coblence reproduit une page portant une vignette et un texte imprimé de telle manière qu'on peut la tirer à l'impression comme un stéréotype, réduisant ainsi la reproduction d'un ouvrage à figures intercalées au même degré de facilité que la reproduction typographique ordinaire. Quant à M. Hulot, outre ses admirables spécimens de

billets de banques, de timbres-poste tirés à plusieurs milliards, et ses clichés sans pareils, on peut dire que dans le modelage et la reproduction des gravures il a atteint les dernières limites de l'art. Ses ateliers à la Monnaie sont des installations tout à fait scientifiques. Au grand honneur de la science et de l'industrie, on a vu à la distribution des récompenses de l'exposition MM. Hulot et Coblence, le savant et l'ouvrier, recevoir ensemble cette décoration à laquelle l'estime de la France a donné une si haute valeur.

A l'une des dernières séances de l'Académie de Sciences, un galvanoplaste de première distinction, M. Lenoir, a montré des bronzes d'un fini parfait et d'une épaisseur tout à fait uniforme en même temps qu'ils étaient fort légers. L'invention consiste dans l'idée que M. Lenoir a eue d'introduire dans le creux du moule un ou plusieurs fils mécaniques conducteurs qui répartissent le dépôt métallique également sur toute la surface intérieure du creux. On peut ainsi atteindre à des figures de toutes les dimensions. La statue se trouve produite tout d'une pièce sans soudure et sans travail d'ajustement, travail coûteux, souvent périlleux et toujours peu artistique. Plusieurs des pièces mises sous les yeux de l'Académie étaient de vrais chefs-d'œuvre de modelé et de distribution du métal plastique. Il va sans dire que tous les galvanoplastes qui arrivent aux travaux d'art confectionnent également tous les objets d'ornement, dont le nombre est déjà immense, car tout ce qu'on peut demander sans risque au travail galvanoplastique, on se garde bien d'essayer de le produire par les anciens procédés du feu et de la fusion, qui

tourmentent les moules et ne tirent pas à beaucoup près aussi fin.

L'esprit des procédés galvanoplastiques, c'est donc en général une plus grande perfection du travail artistique jointe à une réduction considérable dans le prix des produits. Quant à ce qu'on appelle *le tour de main*, c'est-à-dire l'emploi bien entendu d'un nombre considérable de petites précautions qui semblent autant de recettes individuelles, on ferait plus d'un volume de celles que chaque opérateur en grand préconise à juste titre comme gage de succès, et ces prétentions sont légitimées par la beauté des résultats obtenus. Je passe donc à des opérations d'un tout autre genre exécutées en grand dans l'établissement gigantesque de M. Oudry, ayant pour collaborateur M. Levret, officier distingué de notre savante marine française. Là on fait toutes les pièces d'ornementation, de bijouterie même, que j'ai signalées dans les travaux de M. Coblence : la gravure en taille-douce, le clichage, la reproduction des médailles avec plusieurs enveloppes de divers métaux, comme l'avait déjà fait M. Hulot; mais c'est dans l'industrie des grandes pièces, et surtout pour la marine, qu'il y a chez M. Oudry du nouveau et de l'étonnant. C'est le dernier type que je prendrai pour les progrès de l'art.

On peut dire que M. Oudry change tous les métaux, non pas en or comme les alchimistes, mais bien en cuivre. D'immenses tuyaux de conduite, des rouleaux pour l'impression des étoffes, sont revêtus en dedans et en dehors d'une épaisseur considérable de ce métal, bien moins altérable que le fer. Des chaînes de marine de grande force, des cornières en fonte, des clous de dou-

blage, des candélabres immenses, de hautes grilles, deviennent inaltérables même à l'eau de mer. La marine française a déjà accueilli plusieurs des produits de M. Oudry, et notamment pour l'habitacle des phares. On cite les Anglais et les Américains pour la hardiesse de leurs entreprises industrielles; l'usine d'Auteuil ne leur cédera en rien. Il s'agit de doubler un navire en fer en le mettant dans une cale à flot et l'entourant d'un bain galvanoplastique. C'est gigantesque, mais cela n'implique rien d'impossible, et le tout est dans le prix de revient, qui semble n'être pas évalué trop bas par M. Oudry. Mais les navires en bois, comment les envelopper de cuivre? Le doute était ici permis, ou même commandé par la nature du doublage que l'on avait en vue. Il ne semble pas facile au premier abord de fixer sur le bois une épaisseur de cuivre suffisante pour sa préservation. Or l'expérience a prononcé pleinement en faveur des prétentions de M. Oudry. De grandes planches, de celles mêmes qui constituent le bordage des vaisseaux, ont été doublées d'une épaisseur de cuivre de la plus parfaite régularité et d'une adhérence complète à l'aide de petits clous de cuivre incrustés dans le bois, et dont la tête se noie dans le dépôt galvanoplastique. Ces planches ainsi doublées ont un aspect magique, et leur grandeur éloigne toute idée de crainte sur la réussite du doublage d'un bâtiment entier de grandeur quelconque. Après cela, il ne semble plus possible de fixer de limite à la puissance de la galvanoplastie. On pourrait la définir l'art de faire sans la fonte et sans le feu tout ce qu'autrefois on faisait par ces deux moyens. L'école de Pythagore s'amusait de cette énigme : *On voit l'homme*

souder l'airain sur l'homme au moyen du feu! Le mot de l'énigme était la pose des ventouses. Avec la galvanoplastie, il n'y a pas de doute qu'on réussirait à bronzer une partie considérable d'un corps vivant. Dans l'usine de M. Oudry, tout est revêtu de cuivre, même les rails des petits chemins de service intérieurs.

Pour comparer le procédé galvanoplastique avec la fonte ordinaire, il faut d'abord savoir qu'une statue, un buste ne sont pas coulés pleins ; il y a un vide au milieu. En réalité, une figure de bronze se coule entre deux moules. L'un, grossièrement ébauché, est intérieur et fait de sable, de terre, de charbon pilé, enfin d'une substance qui puisse s'extraire facilement après le coulage. Ce moule intérieur est recouvert d'une couche de cire que le sculpteur travaille ensuite avec tout l'art dont il est capable. C'est cette cire qui est enveloppée d'un nouveau moule. On verse le métal fondu entre les deux moules ; la cire fond ou s'évapore, et le bronze la remplace.

Sequitur fugientem torridus humor.

Voyez sur cette opération les beaux vers du cardinal de Polignac dans l'*Anti-Lucrèce*. Le sable intérieur est ensuite concassé et retiré. Comme c'est la forme extérieure du métal qui en fait tout le mérite, on estime en général les bronzes légers : tels sont les bronzes antiques et les bronzes florentins de la renaissance ; mais il n'est rien de pareil à ce que peut donner en ce genre la galvanoplastie, et surtout celle de M. Lenoir. Il y a cependant des limites à tout, et ce sentiment artistique qu'on appelle le goût a tout autant de réalité que les

formules de la géométrie. L'impératrice Joséphine, qui protégeait les arts du dessin à une époque où la guerre enlevait toute la population studieuse, avait eu l'idée de demander à plusieurs artistes des coupes et des urnes en bronze d'un modèle élégant : il en reste plusieurs dont la forme est gracieuse; mais quelle fonte, bon Dieu! Peu s'en faut que la pièce ne soit en bronze plein. On ne pouvait pas objecter ici la difficulté de faire un moule intérieur ; c'était plus facile que les bombes et les obus, que l'on fait par millions. Un antiquaire, possesseur d'une de ces urnes antiques (de forme), me faisait part de la persuasion où il était que c'était l'urne même dans laquelle Achille avait recueilli les cendres et les os de Patrocle. D'après le peu de creux que le fondeur avait laissé à ce bronze, on n'y aurait pas recueilli les cendres et les os d'un coq ou d'une oie. Il va sans dire que j'assurai l'heureux antiquaire que je ne voyais pas comment on pourrait nier son assertion. En fait d'antiquités, on me montrerait le rasoir de Tullus Hostilius, avec lequel le sacrificateur coupa la pierre qui servait à l'aiguiser, que je le reconnaîtrais pour parfaitement authentique.

Après avoir admiré les résultats de la galvanoplastie, il est une première question que chacun se pose; on veut savoir comment ce dépôt solide est produit. Tout effet a une cause, et plus l'effet est remarquable, plus on tient à connaître la cause qui lui a donné naissance. Or dans la physique rien n'est si obscur que ces actions qui s'exercent entre les particules extrêmes des corps, lesquelles sont d'une ténuité extrême, mais en si grand nombre, qu'elles produisent par leur ensemble ce qu'elles

ne pouvaient faire individuellement. Depuis Newton, nous savons que toutes les substances matérielles exercent l'une sur l'autre une attraction même à de grandes distances. Deux corps que l'on met en présence, s'ils sont placés sur des supports assez mobiles, se mettent en mouvement l'un vers l'autre. Deux corps polis et bien plans, étant mis en contact, adhèrent fortement. Les ouvriers qui manient habilement la lime dressent deux lames de fer si exactement, qu'elles arrivent au contact et se prennent fortement l'une à l'autre. Si on a deux balles de plomb et qu'avec un rasoir on enlève à chacune d'elles un petit morceau, puis qu'on rapproche les deux petites facettes rondes produites par le rasoir, on voit également qu'il naît une adhérence telle entre les deux balles, que leur poids ne les détache pas l'une de l'autre; souvent même cette adhérence résiste à des poids de plusieurs kilogrammes. Il n'est donc point étonnant que l'électricité, en apportant les particules métalliques et les déposant tout près l'une de l'autre, en construise un métal solide tel que nous l'aurait donné la fusion; car si l'on y réfléchit bien, la fusion n'est aussi qu'un moyen d'exclure tout intermédiaire entre les particules du corps, et par suite de leur permettre d'exercer leur attraction mutuelle au moment où la chaleur se retirera.

Il reste à savoir comment le courant électrique s'empare des particules, et les voiture jusqu'à ce qu'il arrive au point où, s'affaiblissant par diffusion, il abandonne ce qu'il entraînait. Or c'est ici de la physique théorique, et la question rentre dans un tout autre ordre d'idées que celles que nous devons aborder en ce moment.

J'ai déjà dit et répété que la terre dans son ensemble,

à cause des courants électriques qui la parcourent de l'est à l'ouest, est une vaste usine galvanoplastique où l'espace et le temps ont produit de curieux effets. Les filons métalliques qui occupent les fentes des grandes masses continentales semblent des dépôts produits par la galvanoplastie de la nature. Quel sera l'industriel qui saura, pour son profit et pour l'avantage de l'humanité, faire travailler ces courants électriques, qui ne coûtent rien? Jusqu'ici, à ma connaissance, le seul travail qu'on leur ait demandé, ç'a été de remonter une pendule, en sorte que celle-ci va toute l'année sans qu'on ait besoin d'y toucher. C'est un bien mince résultat. De tous les genres de travail, la galvanoplastie me semble celui auquel les forces électriques de la nature s'appliqueraient le plus immédiatement et le plus avantageusement. L'industrie des métaux a toujours rivalisé avec l'agriculture comme source de la richesse. L'Angleterre, avec la partie combustible de son sol, extrait le fer contenu dans l'autre partie et l'exporte avec un avantage immense. Y aurait-il quelque espoir de retirer le fer galvanoplastique de la terre avec les courants de la terre elle-même, comme on retire le cuivre et l'argent par ce procédé? Il faut convenir que le fer est bien difficile à extraire, mais il est bien utile et d'un emploi bien général. Midas et Cinyras, ces deux personnifications de la richesse dans l'antiquité, me semblent marquer l'époque où l'extraction du fer a succédé à celle du cuivre, qui a devancé l'autre de bien des siècles. Virgile nous peint la terre d'Amathonte, où régnait Cinyras, comme *enceinte de métaux* :

Gravidamque Amathonta metallis.

Il en dit à peu près autant de l'île d'Elbe (*Ilva*). La Phrygie de Midas n'était pas moins riche en minerais. Or, dans les localités où les forces de la nature ont déposé *électriquement* des métaux, ces forces électriques doivent encore subsister. Pourrait-on les utiliser? Laissons au temps à décider la question. Au reste, je n'ai voulu indiquer ici que les progrès récents de la galvanoplastie. C'est donc de son présent qu'il s'agit et non point de son passé, ou de son avenir. Sans tenir aux beaux-arts d'aussi près que la photographie, la galvanoplastie, par sa fixation des formes, rentre dans leur domaine. Notre siècle en faisant travailler la lumière et l'électricité, leur a demandé ce qui était dans la nature de chacune. La lumière a fait des tableaux, l'électricité a fait de la statuaire.

(**Mars 1856.**)

DE L'APPLICATION
DES MATHÉMATIQUES
TRANSCENDANTES.

DE L'APPLICATION

DES MATHÉMATIQUES

TRANSCENDANTES [1].

'Aει θεος γεωμετρει.
Dieu fait en tout de la géométrie.
PLATON.

Pour la plupart des lecteurs, une excursion dans le domaine des mathématiques pures diffère peu, par l'étrangeté des objets et du langage à étudier, d'un voyage à Tombouctou. Les termes de la géométrie, de l'algèbre, de la trigonométrie et de l'analyse infinitésimale sont tout aussi étrangers à beaucoup d'esprits que ceux de l'idiome ioloff ou bambara. Cependant à notre époque, où les résultats obtenus par les applications des théories mathématiques sont généralement admirés, il est naturel de s'enquérir des puissances mathématiques avec lesquelles l'esprit humain a remué le monde matériel, à peu

(1) I. *Paley's natural Theology illustrated,* by Henry, lord Brougham, 2 vol. 1839. — II. *Analytical Wiew of sir Isaac Newton Principia,* by Henry, lord Brougham, and E. J. Routh, 1855.

près comme on recherche dans l'histoire quelles étaient l'organisation et les armes des peuples conquérants.

Un illustre savant s'exprimait ainsi il y a deux mois à peine (1) : « Depuis cinquante ans, les sciences physiques et chimiques ont rempli le monde de leurs merveilles. La navigation à vapeur, la télégraphie électrique, l'éclairage au gaz et celui qu'on obtient par la lumière éblouissante de l'électricité, les rayons solaires devenus des instruments de dessin, d'impression, de gravure, cent autres miracles humains que j'oublie, ont frappé les peuples d'une immense et universelle admiration. Alors la foule irréfléchie, ignorante des causes, n'a plus vu des sciences que leurs résultats, et, comme le sauvage, elle aurait volontiers trouvé bon que l'on coupât l'arbre pour avoir le fruit. Allez donc lui parler d'études antérieures, des théories physiques, chimiques, qui, longtemps élaborées dans le silence du cabinet, ont donné naissance à ces prodiges! Vantez-lui aussi les mathématiques, ces racines génératrices de toutes les sciences positives : elle ne s'arrêtera pas à vous écouter. A quoi bon des théoriciens? Lagrange, Laplace, ont-ils créé des usines ou des industries? Voilà ce qu'il faut! »

Nous ne partageons pas tout à fait la manière de voir de l'éminent physicien, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie française, qui, suivant l'expression d'Horace, sait si bien penser et si bien exprimer sa pensée :

Sapere et fari quæ sentiat.

---

(1) M. Biot, dans le *Journal des Savants* du mois de mars 1856.

Il nous a toujours semblé que dès que les personnes étrangères aux études des mathématiques abstraites trouvaient jour à se renseigner sur ces notions si peu à la portée du vulgaire, elles le faisaient avec une activité, une satisfaction et des efforts de réflexion et d'intelligence qui dénotaient une curiosité supérieure à celle que peuvent inspirer les sciences ou les arts accessibles à toute personne qui a reçu une éducation libérale. On ne demandera guère à un membre de l'Académie des Sciences comment on peut arpenter un champ, niveler le canevas d'un chemin de fer ou d'un canal, mais on lui demandera comment on mesure, par exemple, la distance de la lune à la terre, et si l'on est bien sûr d'arriver à un résultat précis ! Il répondra que cette mesure s'obtient par la trigonométrie astronomique. Il dira que deux observateurs se placent vers les deux bouts de la terre, et que de là ils pointent les lunettes de leurs cercles divisés sur notre satellite. Alors ils obtiennent un triangle allongé dont la base est la ligne droite idéale qui joint les deux astronomes sur la terre, et dont les longs côtés sont les distances des deux stations au centre de la lune. L'observation donne la figure de ce triangle, et la trigonométrie calcule dans un tel triangle combien les longs côtés contiennent de fois la longueur de la base. On obtiendra donc ces longs côtés, c'est-à-dire la distance demandée, en prenant un certain nombre de fois la distance des deux observateurs. Si la curiosité de l'amateur n'est pas satisfaite, on peut entrer dans le détail des opérations qui donnent la forme du triangle par ses angles, et la distance des deux observateurs par leur longitude et leur latitude. Ordi-

nairement l'esprit du curieux est satisfait quand on lui trace bien clairement le plan des opérations que la science exécute pratiquement pour arriver au résultat cherché : il retient que nous connaissons la distance de la terre à la lune à quelques kilomètres près, et beaucoup mieux que les distances qui séparent sur la terre plusieurs villes de premier ordre.

Autre exemple d'investigation scientifique. On demande à Archimède de vérifier la nature du métal dont est faite une couronne d'or votive d'un travail exquis et pour laquelle on a remis douze livres d'or à l'orfévre ciseleur. Il n'est pas permis d'entamer et d'endommager l'ouvrage qui doit être consacré à Jupiter dans son intégrité. Après de longues méditations, le géomètre de Syracuse s'écrie : Je l'ai trouvé! Εὕρηκα! Voyons s'il est bien difficile de comprendre la série des raisonnements et des opérations que suit Archimède. Il prend un vase d'eau exactement plein, et y plonge douze livres d'or. Il voit par là de combien ces douze livres d'or font déborder le vase. Or, si la couronne qui pèse douze livres contient douze livres d'or pur, elle doit faire déborder le vase plein exactement de la même quantité. L'épreuve faite montre que la couronne fait déborder le vase beaucoup plus que les douze livres d'or. Elle n'est donc pas en or, et l'ouvrier a montré dans la fabrication plus de talent que de probité. On entaille à la lime un coin de la couronne et on reconnaît qu'elle est formée d'un moule en argent recouvert d'une plaque d'or; mais Archimède va plus loin, il détermine combien il y a d'or et d'argent dans la pièce ciselée. Nous pouvons facilement encore le suivre sur

ce nouveau terrain. En effet, en plongeant dans un vase rempli jusqu'aux bords une livre d'or, puis une livre d'argent, Archimède voit combien une livre d'argent fait déborder le vase de plus que ne le fait une livre d'or. Donc la substitution d'une livre d'argent à une livre d'or occasionne un excès de débordement bien connu. Il est ensuite évident que si la couronne de douze livres essayée après douze livres d'or pur occasionnait tout juste le même excès de débordement qu'occasionne une livre d'argent substituée à une livre d'or, c'est que l'artiste aurait substitué une livre d'argent à une livre d'or. S'il y avait un excès de débordement double ou triple de celui-ci, c'est que deux livres ou trois livres d'argent auraient été substituées à pareil poids d'or. Donc, d'après l'excès total de débordement que produisait la couronne, Archimède put juger de la quantité totale d'argent substituée à l'or dans le poids total de la couronne. J'avouerai humblement à mes lecteurs (en les priant toutefois de m'en garder le secret) qu'au risque de passer pour un petit esprit, je regrette de ne pas savoir le dénoûment de l'histoire de Démétrius, car tel était le nom du ciseleur, et si cette couronne fit partie des objets que Verrès enleva aux Siciliens. Cicéron n'en dit rien.

Au risque de me tromper dans ma conjecture, je présume qu'Archimède obtint la grâce de l'orfévre en faveur de la belle découverte qu'elle avait occasionnée, car c'est de là qu'ont pris naissance la science de l'hydrostatique et le principe qu'on nomme encore le *principe d'Archimède*. Il est encore un fait qu'on me permettra de rappeler à l'appui de cette présomption.

Notre célèbre minéralogiste Haüy reçut un jour dans son paisible cabinet du Jardin des Plantes un juge d'instuction accompagné d'un *Démétrius* français qui avait vendu pour des diamants des topazes blanches du Brésil, vulgairement connues sous le nom de *gouttes d'eau*, et qui sont d'une limpidité parfaite avec un poids tout pareil à celui du diamant. Ici l'épreuve d'Archimède n'eût pas réussi, puisque le diamant et la topaze blanche produisent exactement le même effet quand on les plonge dans l'eau ; mais les objets paraissent doubles au travers de la topaze, contrairement à ce qui arrive quand on les regarde au travers du diamant. De plus, la topaze électrisée garde obstinément son état électrique, lequel disparaît promptement dans le diamant électrisé. De plus encore, la topaze échauffée s'électrise d'elle-même, ce que ne fait pas le diamant. Je ne parle pas du lustre que prend subitement le diamant quand on observe ses reflets obliques, ce qui n'arrive pas à la topaze. Enfin on aurait encore pu, suivant le procédé d'Arago, observer l'angle de polarisation, qui diffère beaucoup dans les deux gemmes. Bref la conclusion du savant fut que les pierreries étaient fausses ; mais celle du magistrat fut qu'il devait lancer un mandat d'arrêt contre le vendeur dont tout indiquait la culpabilité. Haüy fut donc obligé, à son grand désagrément, d'intervenir activement pour obtenir que le juge se contentât d'une transaction à l'amiable et ne réclamât pas l'application rigoureuse de la pénalité méritée. Cet épisode minéralogique avait laissé un souvenir pénible dans l'âme du bon abbé créateur de la cristallographie.

Les annales de la science me fournissent un autre

trait d'improbité accompagné d'impénitence finale. Il s'agissait de boissons falsifiées que les dégustateurs officiels regardaient comme telles, mais que la chimie était impuissante à reconnaître par ses procédés. L'habile chimiste Laugier, du Jardin des Plantes, fut appelé en expertise et trouva enfin un réactif qui mettait la fraude en évidence. Le falsificateur, poussé à bout par le savant, lui dit : « En supposant mes boissons falsifiées, il serait impossible de démontrer qu'elles le sont. » Le chimiste lui indiqua le réactif qui avait fait découvrir la fraude : « Je vous remercie, monsieur, lui dit impudemment celui-ci, car, malgré la confiscation qui va être la suite de votre expertise, vous m'avez rendu service. Désormais je serai en garde contre l'action de votre réactif, que je ne connaissais pas ! » Au reste, si cet homme n'a pas continué à se livrer à son industrie, il en est tant d'autres qui s'y sont livrés, que les justes préoccupations de l'autorité publique semblent jusqu'ici n'avoir fait que rendre plus habiles les fabricateurs de liquides falsifiés en tous genres, au grand détriment de la santé publique en France et de notre commerce d'exportation à l'étranger.

Puisque je suis sur le chapitre des fripons *savants*, j'ajouterai qu'en 1804 une bande de faux monnayeurs avait si bien contrefait les pièces de 48 livres, qui avaient encore cours alors, que toutes les ressources du génie d'Archimède auraient été impuissantes pour reconnaître la fraude. Le platine, l'étain et l'or étaient en si exacte proportion, que rien ne pouvait indiquer ou faire soupçonner que la valeur de ces pièces ne fût que de 18 à 19 francs, laissant à ces honnêtes industriels un

bénéfice considérable. D'après les lois d'alors, sans doute trop peu indulgentes, ils eurent la tête tranchée, excellent moyen d'éviter la récidive ! Très-sérieusement parlant, le commerce de la France, surtout en ce qui concerne les objets d'exportation et notamment les préparations pharmaceutiques, réclame des lois répressives de fraudes non moins désastreuses pour les intérêts de la France que coupables au point de vue de la probité.

Nous voilà bien loin des spéculations purement mathématiques, mais ce qui précède montre clairement la connexion intime de la science avec l'industrie. L'ancien adage, que rien n'est dans l'intelligence qui n'ait d'abord été dans la sensation, *nihil est in intellectu quod non priùs fuerit in sensu,* peut être justement retourné, et on peut dire que rien n'est dans la pratique et dans l'industrie qui n'ait été d'abord dans la théorie et dans la science. Les craintes de M. Biot ne me semblent donc point fondées, et la prééminence restera toujours à la pensée théorique comparativement à l'œuvre matérielle. Essayons de donner une idée de ces hautes puissances mathématiques qui font aujourd'hui le noble apanage de l'esprit humain, et au moyen desquelles, outre les arts, qui sont la vie et la santé de nos sociétés civilisées, il a pu embrasser le monde dans son état présent, dans son passé et dans son avenir.

Si je nomme un marteau, une pince, un levier, une poulie, une hache, une tarière, un outil matériel quelconque, la langue est faite, tout le monde me comprend ; mais si je nomme un logarithme, une exponentielle, un cosinus, une tangente, une différentielle, une intégrale, on me demandera quels sont ces êtres inconnus ? Vont-

ils à deux ou à quatre pieds? Cela vole-t-il, rampe-t-il ou nage-t-il dans la mer, ou dans l'eau douce? Sont-ce des êtres saisissables à nos sens, pesants, sonores, blancs ou noirs, chauds ou froids? Si ce sont des êtres métaphysiques, que peuvent-ils faire dans le monde matériel, auquel ils sont étrangers? La pensée ne transporte point les montagnes, et ce n'est pas avec des formules mathématiques que la nature meut et conserve le monde. Nous allons voir tout à l'heure que si les conceptions mathématiques dont les noms précèdent ne produisent pas les actions dont l'univers nous montre les effets, elles sont au moins l'expression des lois suivant lesquelles se produisent les mouvements du monde entier, et que, comme *outils* de l'intelligence, elles ont pénétré tout aussi profondément dans le domaine de l'univers que l'ont pu faire les outils du mineur dans les entrailles de la terre pour y aller chercher des trésors enfouis.

Je commence hardiment par la plus sauvage des fonctions transcendantes, le *logarithme!* Si j'en emprunte la définition à l'algèbre, le logarithme d'un nombre est la puissance à laquelle il faut élever une base numérique fixe pour reproduire ce nombre. Mais d'abord qu'est-ce qu'une puissance, qu'est-ce qu'une base? C'est tout un cours d'algèbre à faire! Avis à ceux qui trouvent que je ne mets pas assez de formules mathématiques dans mes articles. La définition arithmétique ne serait guère plus maniable, il faudrait y parler de progressions par différence et par quotient. En un mot, cela demanderait une somme d'instruction préalable pour laquelle il faut avoir recours aux traités spéciaux.

Si une série de causes égales produisent des effets qui soient toujours dans la même proportion, la relation de l'effet à la cause est celle du nombre à son logarithme. Par exemple, dans le fameux problème du jeu d'échecs, où l'on demande un grain de blé pour la première case, deux grains pour la seconde, quatre grains pour la troisième, huit grains de blé pour la quatrième, et ainsi de suite, toujours en doublant, il est évident que la cause qui produit le doublement est le nombre successif des cases, et que l'effet produit est le double, le quadruple, le double du quadruple, et ainsi de suite, toujours en doublant. Le nombre des cases est le logarithme, le nombre des grains de blé est le nombre correspondant. A la soixante-quatrième case, on a doublé soixante-trois fois, et le nombre des grains de blé demandé pour cette soixante-quatrième case de l'échiquier serait le chiffre 3 suivi de soixante-deux zéros, comme le verra sans aucun calcul tout apprenti géomètre qui saura que le logarithme de 2 est environ égal à trois dixièmes. Plus exactement ce serait trois cent un millions de *milliards de milliards de milliards de milliards de milliards de milliards*, ci :

301,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000.

Si une lumière perd de sa force en traversant une certaine épaisseur d'air ou d'eau, ce qui reste en perdra autant pendant un nouveau trajet pareil. Autant d'épaisseurs traversées, autant de fractionnements de lumière, voilà une loi logarithmique. Voilà pourquoi la lumière et la chaleur du soleil s'éteignent dans notre atmosphère, et comment la chaleur qui atteint le fond

des mers est si peu de chose; voilà pourquoi, par un temps de brume, les objets cessent d'être perceptibles à une si petite distance, alors que, suivant Homère, on ne peut voir qu'à la distance où on peut lancer une pierre. Tous les voyageurs qui ont été enveloppés par les nuages sur les hautes montagnes savent quelle pénible sensation est cette vue logarithmique à si petite portée, et avec quel agrément on retrouve, en descendant du nuage, et la vue, et les lointains, et cette rapide perception que le même poëte compare en vitesse à la pensée de l'homme!

Couvrez une plante d'une cloche de jardinier, puis de deux, de trois, de quatre, en plein soleil : l'effet redoublera à chaque cloche, et avant la quatrième la plante cuira sous la cloche, et l'eau s'y mettra logarithmiquement à bouillir.

Si vous vous élevez dans l'atmosphère, à chaque hauteur que vous franchirez, l'air sera de plus en plus léger, et vous trouverez, avec la hauteur croissante pour cause et la raréfaction de l'air pour effet, une loi logarithmique qui, étant mise en formule, vous donnera la hauteur de la station où vous êtes parvenu au moyen de la lecture du baromètre à cette station. Ce nivellement, si commode et si utile, a donné la hauteur de toutes les montagnes du globe.

On doit les logarithmes à un baron écossais, nommé Napier, qui a vécu de 1550 à 1617, dans ce XVI[e] siècle, effrayant d'énergie, où l'esprit humain éprouva des paroxysmes analogues à ceux que la surface de notre globe éprouve par les tremblements de terre. Le baron astrologue ne pensait sans doute pas à la relation de la

cause à l'effet en proportion constante que représentent ses logarithmes, et qui en a fait une représentation de l'effet quand la cause est donnée, et qu'elle agit toujours avec la même énergie. Qu'est-ce que Napier y avait donc vu?

Il y avait vu tout simplement un miracle pour la facilité des calculs. Comme la cause est toujours plus simple que l'effet, il trouva, sans se douter du principe, que si l'on substitue les logarithmes aux nombres, on fait tous les calculs avec la plus grande facilité, puis qu'en repassant aux nombres le résultat apparaît, et qu'on exécute en un jour des calculs qui auraient pris autrement deux ou trois mois de travail. Les tables de logarithmes et les règles à calcul, qui sont aussi logarithmiques, sont connues de tout le monde dans leur usage, sinon dans leur théorie. Il n'est point d'aide-arpenteur qui ne feuillette d'une main profane la *merveilleuse table* (*mirificus canon*) du baron, honneur de l'Écosse, qui a centuplé la vigueur calculatrice de l'intelligence humaine à peu près comme le premier dompteur du cheval, le premier inventeur de la locomotive (M. Seguin), ont centuplé la faculté de transport de l'homme, ou bien comme Chappe et Ampère, le premier par le télégraphe à bras, le second par le télégraphe électrique, ont centuplé et plus que centuplé la vitesse de transmission des dépêches.

Le *cosinus* réclame maintenant notre attention. Cette conception métaphysique est heureusement un peu plus facile à définir que le logarithme. Couchez sur le sol une baguette bien droite, elle couvrira toute sa longueur. Si vous la relevez par un bout, il n'y aura plus immé-

diatement sous la baguette qu'une longueur moindre. Si vous attachez un fil à plomb au bout relevé de la baguette, ce fil à plomb se rapprochera du bout fixe d'autant plus que vous redresserez davantage celle-ci, et quand elle sera toute droite, le fil à plomb touchera la baguette, et celle-ci ne recouvrira plus rien du tout. Si au lieu d'une baguette vous imaginez une planche étendue sur la terre, et la pluie tombant dessus, la planche garantira un espace égal à toute sa longueur; mais si vous la relevez par un bout, elle n'en recouvrira plus qu'une moindre partie, et à mesure que vous la redresserez, la partie garantie de la chute verticale des grains d'eau diminuera de plus en plus, et sera enfin réduite à rien quand la planche sera tout à fait redressée. Or, ici le rapport qu'il y a entre l'espace recouvert et la longueur totale de la planche pour chaque angle d'inclinaison de la planche est ce qu'on appelle le *cosinus* de cet angle. Je n'ose pas dire que souvent des esprits assez légers, qui avaient provoqué de moi cette définition, ont répondu à l'interrogation que je leur adressais : « Comprenez-vous ce que c'est qu'un cosinus? — Oui, je comprends à merveille, mais que m'importe? Que m'importe que la baguette ou que la planche à telle ou telle inclinaison couvre la moitié, le tiers, le quart de sa longueur totale? A quoi peut servir cette notion? »

Réponse : A tout à peu près.

Un manœuvre veut-il monter à l'aide de la brouette de Pascal un fardeau qu'il ne pourrait soulever directement de bas en haut? Il fait rouler sa brouette sur une rampe qui amortit le poids des matériaux à déplacer dans le rapport du cosinus de l'angle que fait la montée

verticale qu'il veut éviter avec la rampe inclinée qu'il veut suivre. Si la montée n'est plus que de 1, 2 ou 3 pour 100 de ce qu'elle était primitivement, la pesanteur est réduite dans la même proportion, qui est celle du cosinus de l'angle très-ouvert que le chemin fait avec la verticale. Le coin qu'on enfonce dans le bois, la hache qui l'entame par un angle très-aigu, le couteau qui tranche d'autant plus qu'il est plus affilé, le rasoir qui, avec ses deux faces creuses, est encore plus affilé que le couteau, enfin la pellicule tranchante d'un fragment de verre dur de bouteille cassée irrégulièrement, et qui pénètre encore plus finement que le rasoir, tous ces effets ont pour cause et pour loi un cosinus qui, en augmentant la force pénétrante, et par suite diminuant la force résistante, augmente d'autant plus l'efficacité de l'action exercée.

Quand une force se partage entre deux directions, la loi de la distribution de la force suivant les deux nouveaux chemins est encore celle du cosinus ou plutôt des cosinus des deux angles que font ces deux nouvelles directions avec la force primitive. Toute la mécanique est là dedans. Choisissons un des oracles que rendent ces cosinus, dont on a fait des tables comme on a fait des logarithmes. Si, après avoir divisé une force quelconque en plusieurs autres, vous les réunissez de nouveau, vous n'obtenez rien de plus que la force primitive. Ces transcendantes crient donc aux aveugles chercheurs du mouvement perpétuel, c'est-à-dire de la production des forces avec rien, qu'ils cherchent l'impossible, et qu'ils ne peuvent pas plus faire un excédant de force qu'un excédant de poids ou de matière. Avec dix degrés

de force vive vous ne ferez pas plus onze ou douze degrés de force qu'avec dix kilogrammes de marbre vous ne feriez onze ou douze kilogrammes de la même substance, ou bien qu'avec dix boulets de canon vous n'en produiriez onze ou douze du même calibre.

Lorsque le Parisien, en général assez casanier, arrive par hasard sur les bords de l'Atlantique, qui sépare la France de l'Amérique, sur les plages de la Normandie, de la Bretagne, de l'Aunis ou de la Guyenne, il voit par le temps le plus calme, par le ciel le plus pur, sous les rayons du soleil le plus beau, l'Océan deux fois par jour inondant ses rivages, amener et remmener ses vastes ondes par une cause occulte qui a longtemps fait le désespoir des théories physiques. Sur les plages de la Provence ou du Languedoc, la mer n'éprouve point de pareilles alternatives d'inondation et de dessèchement. Sans doute dans l'Océan, c'est Neptune qui soulève les flots de son vaste empire ; mais pourquoi ne le fait-il pas dans la Méditerranée? D'autant plus que cette divinité grecque, et par suite essentiellement méditerranéenne, doit exercer surtout sa puissance dans les lieux de sa naissance, et notamment dans le bassin oriental ou grec de cette mer. Je sais bien qu'on me dira qu'Aristote, ce grand seigneur naturaliste, se jeta la tête la première dans l'Euripe de l'île d'Eubée, de dépit de ne pouvoir pénétrer la cause de ses marées. Je regarde cette histoire comme aussi authentique qu'elle est vraisemblable. En attendant que Newton nous donnât le mot de l'énigme, Lucain fit de beaux vers sur les marées de l'Océan français, et il peignit à grands traits *ces plages de nature indécise que la terre et la mer ré-*

clament tour à tour. Cherchez la cause de ces alternatives si fréquentes, dit-il en finissant, ô vous que préoccupe le souci de la physique du monde! L'attraction établie par Newton vint seize siècles plus tard en dévoiler la cause mystérieuse. Le poids des eaux diminué deux fois le jour par le passage de la lune et du soleil au-dessus et au-dessous de la terre fait gonfler la partie de l'Océan dont le poids est diminué. Or quelle est la loi de ces actions soulevantes? C'est encore un cosinus. Cette conception métaphysique se substitue au dieu des mers de l'antiquité, et si les marées ne s'observent dans la Méditerranée que sur une minime échelle, c'est qu'en raison du peu d'étendue de cette mer, les forces soulevantes ne peuvent pas agir sur une extrémité sans faire à peu près le même effet sur le bord opposé, ce qui ne permet pas le déplacement en hauteur. C'est au reste ce que proclame d'abord le tout-puissant cosinus qui règle les actions solaires et lunaires, lesquelles tirent l'Océan de l'inertie inhérente à toute matière non soumise à des forces étrangères.

Nous allons retrouver tout à l'heure cette transcendante trigonométrique dans les perturbations du mouvement des planètes, que pendant longtemps on a pu croire capables de compromettre le système du monde, et de faire péricliter la nature entière sous les efforts du temps et des cosinus qui mesurent les perturbations.

Le cosinus n'est pas la seule des lignes évaluées en nombres que la trigonométrie emploie pour calculer l'immense masse des mouvements célestes que l'on observe dans les grands observatoires. Il est des sinus, il est des tangentes, il est des sécantes et deux ou trois

autres lignes qui, si je voulais les écouter, réclameraient leur part d'importance et l'honneur d'être signalées à l'attention du public non géomètre. Les tangentes notamment se vantent d'avoir été des premières utilisées par les constructeurs de cadrans arabes ou hindous. Les Grecs ont complétement ignoré cet admirable échafaudage des sinus, des cosinus, des tangentes, qui, substitué aux angles des triangles, a permis d'opérer sur des lignes droites au lieu d'opérer sur des arcs courbes, ce qui était horriblement compliqué. Lorsque ensuite les logarithmes sont venus simplifier la simplification arabe ou hindoue, tout est devenu expéditif et facile dans ce *matériel de l'intelligence,* et la science a marché à pas de géant.

Passons au calcul infinitésimal.

Dans la seconde moitié du XVII[e] siècle, qui est le siècle de Louis XIV, au moment où Corneille, Racine, Shakspeare et Milton faisaient la gloire littéraire de la France et de l'Angleterre, Fermat en France, Leibnitz en Allemagne et Newton en Angleterre posaient les bases de ce puissant levier mathématique que l'on nomme l'analyse infinitésimale, et centuplaient les forces de la pensée en créant l'analyse mathématique des infiniment petits. Fermat y parvint par la géométrie, Leibnitz par les nombres arithmétiques, Newton par la mécanique. Si l'on considère que toute grandeur peut être admise comme formée d'éléments très-petits, il est évident que si l'on peut avoir prise sur ces éléments constitutifs de toute grandeur, on maîtrisera les grandeurs elles-mêmes par les notions que l'on aura sur leurs principes élémentaires. Dans ces notions, on doit convenir que

la clarté appartient avant tout aux conceptions de Leibnitz, et son expression de quantité différentielle, appliquée aux éléments infiniment petits qui constituent toute grandeur finie, est restée en possession exclusive de la science.

L'élément infiniment petit est tout à fait dans la nature. Ainsi la mer peut être considérée comme un amâs de simples gouttes d'eau ; la terre, tout immense qu'elle est, peut être géométriquement divisée en petites parties, que, si l'on veut, on ne prendra pas plus grosses que des grains de sable. Mais à quoi bon?

C'est ce que nous allons voir.

Je considère par exemple un monument bâti en brique, comme le sont à peu près tous ceux d'Angleterre, et je veux me figurer ce que peut avoir de matériaux pesants un si immense ensemble. N'est-il pas vrai que si je prends une brique à part et que je la pèse, il ne me restera plus qu'à compter combien un monument contient de briques pareilles pour en avoir le poids total? Ici la brique est la *différentielle* comparativement infiniment petite de l'édifice entier. Il ne me restera plus qu'à trouver un moyen praticable et commode de compter le total des briques. Notez qu'ici toute difficulté relative à la forme de l'édifice disparaît, puisque c'est toujours, en définitive, d'un nombre suffisant de briques qu'on peut le supposer formé. L'art du calcul infinitésimal, c'est d'apprendre à compter les éléments infiniment petits dont le total se compose. Le résultat se nomme *intégrale*. C'est en effet ce que Leibnitz et Newton, et leurs successeurs, Clairaut, Euler, d'Alembert, Lagrange et Laplace, ont fait avec un rare bon-

heur, ou plutôt avec un rare génie. Mais ce n'est pas seulement dans la mesure des grandeurs que l'analyse infinitésimale a triomphé. Nous allons voir que ses procédés atteignent avec le même succès la représentation de tous les mouvements, et en particulier ceux des corps célestes.

Si nous partons de la donnée que nous pouvons additionner autant de petites quantités que nous jugeons à propos de le faire, rien ne nous empêche de considérer les petites additions de vitesse d'un corps en mouvement comme des différentielles dont nous atteindrons ensuite l'ensemble par les procédés de calcul des intégrales. Les petites déviations successives qu'éprouve dans sa marche une planète soumise aux actions les plus compliquées ne seront que des différentielles infiniment petites dans sa marche primitive, et leur ensemble nous sera donné par les procédés d'intégration du calcul des infiniment petits, que nous supposons connus.

Prenons pour exemple la lune, cet astre dont la marche est si compliquée et dont nous pouvons reconnaître tous les écarts à cause de sa grande proximité : elle tourne autour de la terre, et, au premier abord, on peut dire qu'elle décrit un cercle à peu près parfait; mais il y a de petites perturbations qui la rapprochent et l'éloignent alternativement de nous et qui la font aller un peu plus vite ou un peu plus lentement. D'abord le soleil, par son attraction différente de celle qu'il exerce sur la terre, fausse la régularité de l'orbe de la lune. Cette action est exprimée par un cosinus, mais elle ne se produit pas tout à coup ; elle agit d'une manière continue et en prenant l'effet produit pendant un temps

très-court, qui sera un temps infiniment petit, ou, si l'on veut, une *différentielle* de temps, on aura un petit effet, c'est-à-dire une *différentielle* d'effet. Toutes ces différentielles accumulées tomberont sous la puissance de l'analyse infinitésimale, et ce sera au génie du mathématicien d'inventer des procédés qui puissent permettre de passer de ces petites actions à leur effet total. C'est en cela que notre compatriote Laplace a excellé. Son livre, intitulé *Mécanique céleste*, c'est-à-dire science du mouvement des astres, est un monument national dont la France s'enorgueillit à juste titre. Une partie des mêmes questions, notamment la théorie complète des mouvements du soleil et des planètes, a valu à M. Le Verrier une supériorité non contestée dans la détermination des nombreuses perturbations que l'action mutuelle des planètes et du soleil fait naître dans notre système. Ce sont les déductions des théories du calcul infinitésimal qui, sur les traces de Newton et de Laplace, vont nous révéler bien des vérités sur le passé, le présent et l'avenir de notre monde terrestre ou céleste.

J'ai dit que Newton était l'un des inventeurs, et non pas le seul inventeur du calcul infinitésimal. C'est une vérité admise aujourd'hui par tout le monde ; mais il ne partage avec personne la gloire d'avoir le premier reconnu la cause des grands effets mécaniques qui régissent le monde. De quelque gloire que ses contemporains et la postérité aient payé les contemplations de son génie, on ne peut songer sans stupeur à ce qu'a dû éprouver de félicité cette âme si puissante au point de vue métaphysique, quand elle a pu pénétrer les secrets

les plus intimes de la nature et les révéler aux êtres pensants de tous les siècles. Le son flatteur de la louange méritée,

Il dolce suon di meritata lode,

a retenti à ses oreilles pendant une longue carrière, et son livre des *Principes de la Philosophie naturelle* a marqué l'époque d'une de ces surélévations de l'esprit humain, d'où, en mathématiques du moins, il ne redescend plus ensuite. Ce fut sans doute pour Newton un rare bonheur d'avoir Voltaire pour héraut de sa renommée ; mais si ses découvertes furent prématurément appréciées à leur juste valeur, elles durent à leur mérite intrinsèque de ne déchoir aucunement quand les travaux des géomètres qui vinrent après lui les popularisèrent en les développant. Ce n'est point seulement Newton que je veux suivre ici dans l'exposé des découvertes dues à l'analyse transcendante. Notre Laplace y aura sa bonne part sans ôter à Newton la gloire due au premier investigateur des secrets du monde présent et futur.

Notre ciel actuel de chaque saison n'est pas le même qui brillait sur la tête des bergers chaldéens, auxquels on rapporte les premières notions de l'astronomie. Au bout de treize mille ans, les constellations d'hiver deviennent celles d'été, et réciproquement. Depuis le commencement de notre ère, où le printemps commençait quand le soleil était dans la constellation du Bélier, tout a rétrogradé, et de nos jours le printemps commence quand le soleil est dans les Poissons. De même l'équinoxe d'automne, qui arrivait avec le soleil dans la Ba-

lance, arrive maintenant quand cet astre est au milieu des étoiles de la Vierge. De nos jours, entre 1830 et 1840, la brillante étoile d'Andromède, qui suivait le soleil du printemps, s'est trouvée vis-à-vis de lui, et depuis peu d'années seulement elle le devance d'une petite quantité, qui ira s'accroissant pendant vingt-six mille ans, jusqu'à ce qu'en l'an vingt-sept mille huit cent trente-cinq à peu près elle se retrouve de nouveau vis-à-vis du soleil au moment de l'équinoxe du printemps. La découverte de la loi de ces vastes changements de scène du ciel étoilé est due à Hipparque, célèbre astronome qui vivait un siècle et demi avant notre ère. Newton entrevit, d'après sa fameuse loi de l'attraction universelle, la cause de ces grands effets, mais ce fut notre compatriote d'Alembert qui eut la gloire de les conquérir au domaine de la science.

Une conséquence remarquable de ces travaux analytiques, c'est que l'année prise d'un printemps à l'autre n'a pas une durée invariable. L'année est plus courte aujourd'hui de quelques secondes qu'elle ne l'était au temps d'Hipparque, et un homme qui mourrait centenaire aujourd'hui aurait vécu certainement quelques minutes de *moins* qu'un centenaire du commencement de notre ère : ce serait à peu près un quart d'heure de moins.

Je saisis cette occasion de dire et de répéter qu'il n'y a qu'une durée invariable dans le monde, c'est le jour. Questionnez la première personne venue, et demandez-lui ce que c'est qu'un siècle; elle vous répondra que le siècle est de cent ans. Continuez : elle ajoutera que l'année est composée de trois cent soixante-cinq

jours et un quart. — Et le jour? — Le jour est de vingt-quatre heures. — Et l'heure? — L'heure est de soixante minutes. — Et la minute? — Elle vaut soixante secondes. — Puis on remonte de la seconde à la minute, à l'heure, au jour, à l'année, au siècle, sans rien définir de précis. Il est tel dictionnaire où vous trouvez le mot de *Cochinchine* défini par ces mots : pays des Cochinchinois; ensuite au mot *Cochinchinois* vous trouvez : Cochinchinois, habitant de la Cochinchine! C'est ce que les Grecs appelaient *retomber sur soi-même*, et ce que nous désignons, je ne sais pourquoi, par l'expression de *cercle vicieux*. Pour éviter ce grave inconvénient dans la mesure du temps, partez toujours de la durée du jour, qui est invariable, et évaluez tout en jours; le jour ne sera donc pas définissable; c'est une période donnée par la nature, ensuite l'heure sera la 24e partie de cette durée, et la seconde en sera la 86,400e partie; de même l'année sera, dans chaque siècle, d'un certain nombre de jours avec une fraction; enfin le siècle sera de cent ans, et la révolution du ciel au travers des saisons sera de vingt-six fois dix siècles environ.

Au moment où Newton eut établi la marche des planètes dans des orbites presque circulaires dont le soleil n'occupe pas le centre, il entrevit que l'action mutuelle de tous ces corps s'attirant réciproquement devait fausser leur marche régulière, et tout le monde sait qu'il eut la singulière idée qu'un jour le monde aurait besoin d'une main réparatrice. Leibnitz combattit vivement cette présomption en remarquant que la puissance créatrice qui avait tiré le monde du néant devait

être présumée assez sage pour avoir su pourvoir à sa conservation. Depuis lors, l'analyse mathématique entre les mains de Laplace a donné raison à Leibnitz, mais avec de curieux accessoires que la science mathématique livre aux métaphysiciens, aux philosophes, aux théologiens, pour en faire tel usage qu'ils jugeront à propos. D'abord la distance de chaque planète au soleil est invariable aussi bien que son année. Il reste de variable la position plus ou moins centrale du soleil, que l'on appelle l'excentricité, et la position de l'orbite, qui peut varier un peu en se rapprochant ou en s'éloignant du plan que cette orbite occupait à une époque prise pour point de départ. Or il résulte des calculs mathématiques de Laplace que toutes les planètes sont solidaires entre elles, et que quand l'une perfectionne en rondeur la route qu'elle trace autour du soleil, il doit y en avoir par compensation une autre qui fausse de plus en plus le cercle qu'elle décrit autour de cet astre pendant une de ses années. On peut en dire autant des inclinaisons. Si l'une des planètes écarte le plan de son orbite de la position moyenne de toutes ces orbites, il doit y en avoir une autre qui, par compensation, ramène le plan de son orbite plus près de cette moyenne générale. C'est une espèce de banque du désordre, lequel ne peut atteindre à une limite dangereuse; mais aussi les compensations dont nous avons parlé font que ce désordre, tout petit qu'il soit, ne peut jamais disparaître. Pourquoi ce petit désordre d'excentricités et d'inclinaisons? d'où est-il venu? La cause en est-elle contemporaine de la formation même de notre soleil en masse distincte au sein de la matière

nébuleuse qui s'est divisée en soleils? Convient-il qu'il y ait dans le monde une imperfection, même petite, et la compensation de ce désordre ne serait-elle point dans un soleil solidaire du nôtre et tournant sur lui-même en sens contraire, en sorte que son petit désordre étant en sens contraire au petit désordre de notre système solaire, le tout par compensation pût être regardé comme parfait dans son ensemble? J'avoue qu'à tort peut-être de semblables questions me touchent peu; mais comme après tout les considérations métaphysiques ont souvent mis sur la voie de découvertes importantes, rien n'empêche que l'on pousse aussi loin que possible les déductions *probables* d'une idée quelconque. On devra se regarder comme d'autant plus heureux d'avoir trouvé quelque chose par ce moyen, que l'on se croyait moins sur la route qui devait conduire à un fait positif.

Une conséquence remarquable de cette solidarité de toutes les planètes est que si dans la somme des excentricités une grande partie du désordre total tombait sur une seule planète, comme par exemple sur Mercure, qui est déjà fort excentrique, son orbite pourrait toucher le soleil par un de ses bouts, et qu'alors cette planète s'identifierait avec le soleil, qu'elle augmenterait du reste bien peu. Mathématiquement parlant, rien ne s'oppose à ce qu'il en soit ainsi, mais nous en avons encore pour bien des générations d'hommes avant que nos astronomes soient témoins d'une telle catastrophe. En prenant dans la *Connaissance des Temps* de 1843 la table des excentricités et des inclinaisons que M. Le Verrier a calculées pour deux cent mille ans,

savoir : cent mille ans avant et cent mille ans après l'an 1800, pour les quatre planètes Mercure, Vénus, la terre et Mars, on ne voit rien qui autorise une crainte sérieuse pour Mercure, et même jusqu'à l'an 101800 son orbite se perfectionne et l'excentricité diminue un peu. Vers l'an 11800, l'orbite de Vénus sera un cercle parfait, ce qui aura lieu pour la terre environ dans 25,000 ans d'ici. Quant à Mars, il n'y a rien de remarquable. Laplace a beaucoup insisté sur cette merveilleuse qualité que possèdent les formules astronomiques de prédire l'avenir et de savoir le passé, mais ces symboles transcendants ne rendent leurs oracles qu'à ceux qui savent les consulter, et peu de génies sont de force à voir dans leurs inextricables complications ce qu'elles ont à dire à la science curieuse. Une seule remarque fera voir cependant comment l'héritage des siècles s'enrichit de jour en jour : c'est que dès qu'une vérité a été reconnue, elle est désormais acquise au trésor de l'intelligence humaine et ne rentrera plus dans le domaine malheureusement si vaste de l'inconnu, sans compter le domaine encore plus grand de l'*inconnaissable*, c'est-à-dire des notions qui seront à jamais inaccessibles à l'homme des siècles futurs, comme elles l'ont été à l'homme des siècles passés.

Tâchons de donner une idée de la manière dont on peut tirer des formules ces déductions, qui font tant d'honneur à la science. En général le monde est organisé dans un état de balancement ou d'équilibre qui, sans être la régularité parfaite, revient périodiquement à son ancien état et par suite brave la durée des siècles. Ainsi les petites altérations dans la marche des

planètes se compensent au bout de longues périodes et ramènent le système à son point de départ. On avait pu présumer que le soleil, qui d'année en année vient un peu moins près de nos têtes au premier jour de l'été, ne finît par rester dans l'équateur et ne nous amenât un beau printemps perpétuel, très-poétique sans doute, mais très-peu favorable aux besoins des peuples qui veulent des blés mûrs, des raisins et des fruits. On connaît la boutade d'Horace Walpole, qui déclarait qu'en Angleterre tous les fruits sont *verts*, excepté ceux qui sont cuits. Le jeu de mots, fort mal rendu en français, porte sur le mot de fruits verts, qui en anglais signifie aussi *fruits non mûrs* (*unripe*). Le même Walpole disait qu'en son pays le meilleur soleil de printemps est fait de bon charbon de terre de Newcastle. Après cela, laissons les poëtes vanter les charmes de la saison des giboulées. « J'oserais croire, dit Virgile, qu'à l'origine du monde ce sont les jours égaux aux nuits qui ont éclairé la nature de leur douce lumière. » Il *régnait un printemps perpétuel*, et les tièdes zéphyrs caressaient des fleurs qui naissaient sans être semées:

> Ver erat æternum, placidique tepentibus auris
> Mulcebant zephyri natos sine semine flores.

Ces deux vers sont d'Ovide. Sans doute l'homme enchanté respirait les parfums de ces fleurs et mangeait l'herbe qui les portait! Tout nous ramène forcément, sinon à l'optimisme, du moins à cette vérité qu'il est bien difficile, non-seulement de faire mieux que ce monde que nous critiquons tant et si légèrement, mais

encore de faire autrement. L'auteur si profond de *Candide* me fournirait lui-même au besoin bien des traits à l'appui de cette assertion. Il faut donc que l'homme songe à profiter des avantages du monde actuel sans rêver un ordre *meilleur*, qui probablement ne le serait pas du tout. Si je ne craignais pas de faire de la politique servile, chose impardonnable en France, où tout est bien, hors ce qu'on a, je dirais aux utopistes avec Laplace lui-même : Il y a quelque chose de pis que la constitution actuelle de la société, dont vous vous plaignez : c'est de ne pas en avoir du tout !

La présente transition nous amène au seul exemple donné par Laplace de cette outrecuidance d'Alphonse, roi de Castille, astronome couronné, qui, lassé des épicycles compliqués de Ptolémée, affirmait que, s'il eût assisté au conseil de Dieu au moment de la création du monde, il lui eût donné de bons avis relativement à la simplicité qui lui paraissait devoir être un attribut indispensable d'une si belle œuvre. Le grand Newton lui-même n'a pas dédaigné de remarquer que la simplicité que ses lois introduisaient dans le système du monde pouvait satisfaire même le roi Alphonse. Or donc un jour, un seul jour, Laplace se mit à l'œuvre pour améliorer *l'état de choses* astronomique actuel. Admettant que la lune est faite pour diminuer l'obscurité de la nuit, il voulut avoir continuellement pleine lune. Il plaça donc notre satellite à l'opposite du soleil, et il lui donna un mouvement assez lent pour qu'il restât toujours ainsi. A la vérité, il fallut éloigner considérablement la lune et diminuer par là son éclat illuminateur. Enfin, vaille que vaille, Laplace obtint un petit clair de lune

permanent et une petite lune toujours pleine. C'est un des curieux chapitres de la *Mécanique céleste*. Malheureusement l'état de cette lune hypothétique, sortie de la pensée d'un mathématicien, n'avait rien de stable. Un Italien, l'abbé Caraffa, éleva des doutes sur la permanence de l'état de pleine lune continuelle admis comme possible par Laplace. Notre confrère M. Liouville appliqua à ce problème ses puissantes facultés analytiques, et il reconnut, sans laisser aucune place au doute, l'impossibilité de l'hypothèse admise par Laplace. Après avoir été pendant plusieurs années à l'état de pleine lune, notre satellite resterait en retard, et finirait par avoir des phases comme il en a aujourd'hui. Tout ce qu'on aurait gagné, ce serait une lumière affaiblie et des mouvements tellement lents, qu'ils ne pourraient plus servir aux marins pour se guider sur l'Océan. Mais n'anticipons pas sur la suite de cette exposition.

Ce serait être injuste à l'égard d'un génie de premier ordre comme Laplace que d'indiquer un côté faible de ses œuvres sans mettre en lumière un grand nombre de traits de génie qui l'ont placé de pair avec Newton, sauf la priorité du génie anglais. C'est précisément des lois de cosinus, qui règlent le ciel entier, que Laplace a tiré les belles vérités qu'il nous a révélées relativement à la stabilité du système du monde. Le cosinus, cette transcendante régulatrice de l'univers, nous offre, quand on l'étudie mathématiquement, une valeur qui ne dépasse jamais une certaine quantité fixe. Le temps et les siècles, qui accumulent les cercles et les révolutions des corps célestes, sont impuissants pour faire sortir le cosinus d'étroites limites que tout le monde sait être

l'unité en plus ou en moins. Il en résulte que puisque les perturbations dépendent de cette transcendante analytique, elles ne peuvent dépasser d'étroites limites, et qu'après avoir atteint un maximum peu prononcé, elles reviennent vers l'état normal en s'affaiblissant, et balancent ainsi le monde solaire entre des états peu différents de l'état moyen, qui est ainsi reconnu aussi stable que s'il n'eût pas eu à subir ces légères modifications transitoires. Laplace n'a reconnu aucune cause permanente d'altération dans l'univers. Il en a donc, contre l'opinion même de Newton, assuré à jamais la stabilité. Quel admirable exemple de la puissance des formules infinitésimales, quand elles sont entre les mains du génie! Combien l'intelligence de l'homme se relève, quand elle peut ainsi planer au-dessus du monde entier en maîtrisant l'espace, la matière et le temps, ces trois grands principes de la nature physique!

Si, après de si nobles contemplations, on pouvait donner quelque attention à la sécurité des voyageurs qui traversent l'Océan,

> Le corps, cette guenille, est-il d'une importance
> A pouvoir mériter seulement qu'on y pense?

je dirais que Laplace est parvenu à enchaîner tellement notre lune dans ses équations, qu'on peut utilement la faire servir à trouver la position d'un navire loin de tout aspect de la côte. Arago déclare nettement que, par sa théorie de la lune, Laplace s'est mis au rang des bienfaiteurs de l'humanité, et personne ne contestera son assertion. On sait tout ce que Newton avait inutilement tenté en théorie et en pratique pour arriver à

ce résultat. Euler avait perdu un œil à force de travail nocturne dans ces calculs lunaires.

Enfin Laplace vint!

Maintenant, grâce à lui, la *Connaissance des Temps* de France, le *Nautical Almanack* d'Angleterre, et, depuis peu, une troisième éphéméride, imprimée et calculée en Amérique, donnent chaque jour et chaque heure la position de la lune, et par suite la longitude du navire qui observe à un instant quelconque la distance de la lune à une étoile ou à une planète comprise dans les éphémérides françaises, anglaises ou américaines. Si la terre, comme Jupiter, eût eu quatre lunes au lieu d'une, et surtout des lunes marchant rapidement, comme celles de Jupiter, le problème des longitudes n'eût pas arrêté l'esprit humain jusqu'au commencement de ce siècle, et il n'eût pas été besoin d'un Laplace pour en surmonter les difficultés. L'idée de l'emploi des lunes de Jupiter pour la longitude à l'usage des navigateurs des océans de cette planète appartient à Huygens, qui l'a indiquée avant la fin de l'avant-dernier siècle. Une comparaison établie par Arago entre les résultats obtenus par l'observation de la lune et par la méthode des montres marines, toujours susceptibles de dérangements, a prononcé en faveur des observations lunaires, et donné un nouveau prix à la théorie mathématique de notre satellite, laquelle cependant laisse encore beaucoup à désirer, car elle ne peut répondre des mouvements de la lune que pour quelques dizaines d'années, tandis que c'est par dizaines de siècles que l'on compte les périodes qu'embrasse la théo-

rie des planètes et surtout du soleil, comme on peut le voir par la belle publication que vient de faire M. Le Verrier sur la théorie de notre astre central, en tenant compte de toutes les influences perturbatrices même les plus minimes.

Lorsqu'on dit aux personnes non initiées aux recherches astronomiques que sérieusement les savants ont pu se préoccuper si dans quelques millions de siècles la lune ne tombera pas sur la terre, cette sollicitude leur paraît bien peu fondée. Avant ce temps, que de générations, que de dynasties, que de peuples auront passé sur notre globe! La race humaine elle-même est-elle assurée d'un avenir si lointain? On sait, dit Lucrèce, qu'il est dans les destins qu'un jour viendra où la mer, la terre et le palais céleste s'embraseront, et où la masse entière du monde s'écrasera sous ses propres ruines. Ailleurs il spécifie que, malgré la différence de nature des eaux de la terre et du ciel, tout périra en un même jour, et que la charpente ébranlée du monde se dissoudra, après avoir résisté à la destruction pendant un grand nombre d'années. Heureusement pour lui, le prophète de malheur n'a pas indiqué le moment précis de la catastrophe. Il n'a donc pas eu la crainte de se voir démenti par le fait, quoiqu'il dise expressément que rien ne peut empêcher la fin du monde d'arriver au moment même où il parle. Il faut mettre ces pronostics à côté des calculs qui nous annoncent le retour de la fameuse comète de 1811 pour l'an 4876, c'est-à-dire dans trois mille ans, ou bien avec l'annonce du retour de celle de Mauvais, qui reparaîtra indubitablement l'an 103894 de notre ère. Un érudit me

demandait mon avis sur les passages de Lucrèce : je répondis que les vers me paraissaient beaux ; mais la poésie n'a pas, comme les sciences exactes, la vérité pour but unique, et par suite son autorité mathématique est assez faible. Remarquons que le sérieux de la question n'était pas de savoir si la lune tomberait, et quand cela devait arriver, mais bien de savoir si sa chute était *possible*.

La question de la chute possible de la lune avait un côté vraiment scientifique que l'éminent esprit d'Arago n'a point perdu de vue dans son rapport sur la réimpression aux frais de l'État des œuvres de Laplace. On voyait de siècle en siècle la lune se rapprocher un peu de la terre et son mouvement s'accélérer ; mais la cause de ces curieux phénomènes était inconnue. Laplace réussit, non sans un rude travail, à la découvrir, et il en conclut que si l'attraction ne se transmet pas momentanément dans l'espace, on ne peut pas lui supposer une vitesse moindre que cinquante millions de fois celle de la lumière, qui cependant est telle, qu'un rayon lumineux ferait en une seconde sept ou huit fois le tour de la terre. Dois-je redire que c'est avec les mêmes moyens mathématiques que Laplace établit que la lune, après s'être un peu approchée de la terre, s'en éloignera ensuite? Je crois me souvenir qu'à l'inspection de la table de M. Le Verrier, qui donne pour deux cent mille ans les excentricités des planètes voisines du soleil, on trouve que c'est à peu près dans vingt-cinq mille ans d'ici que la lune commencera à opérer son mouvement de retraite en s'éloignant de la terre ; mais si elle fût tombée, c'eût été bien plus poétique! On voit donc

qu'en général l'analyse mathématique et la poésie sont en grand désaccord quand il s'agit d'opérer ou de craindre la chimère qui n'a de réel que son nom, *la fin du monde!* Bien des siècles encore après notre incomparable poëte Béranger, on pourra dire :

Finissons-en, le monde est assez vieux !

La ficelle du misérable cerf-volant ne cassera pas. Il n'y a aucun espoir de dramatique de ce côté-là. Il ne reste au fond des choses que l'éternelle fluctuation des petits effets mesurés par les formules cosinusoïdales.

Mais voilà assez de résultats de l'analyse. Passons, pour terminer, au livre de l'ancien lord chancelier de l'Angleterre, Henri Brougham.

Les Anglais ont publié beaucoup d'ouvrages de mérite sur la théologie naturelle. Ainsi que le titre l'indique, la théologie de la nature a pour objet l'étude de toutes les inductions que la constitution du monde peut permettre de tirer relativement à la cause première qui l'a créé et organisé. En ce sens et sans le vouloir, Laplace a travaillé pour la théologie naturelle en dévoilant les belles lois qu'il a pu saisir à l'aide de son génie mathématique. Parmi tous les auteurs anglais qui ont traité ce sujet, un des premiers rangs est assigné à William Paley, dont l'ouvrage a été traduit en français il y a quelques années. Lord Brougham a honoré la théologie naturelle de Paley de dissertations accessoires qui ont paru en 1839 en deux volumes dignes d'une intelligence de premier rang (*of first rate*) comme la sienne. Après des articles de longue haleine sur l'instinct et sur l'intelligence, on y trouve un traité complet sur

l'art de bâtir que les abeilles mettent en œuvre pour leurs cellules. Ces insectes se montrent d'excellents mathématiciens dans leurs constructions, sans avoir eu besoin de passer par notre célèbre École Polytechnique. Lord Brougham se montre lui-même un très-bon géomètre en mettant en évidence tout l'art de ces ouvriers d'instinct qui donnent à leurs cellules

> Cette forme élégante ainsi que régulière,
> Qui ménage l'espace autant que la matière,

comme l'a dit Delille, descripteur patenté du Parnasse. Après le traité sur les cellules viennent plusieurs traités remarquables sur des questions de métaphysique morale et religieuse, puis une belle revue des travaux de Cuvier et de ses successeurs sur la nature fossile avec les déductions relatives à la théologie naturelle. Ce traité mériterait à lui seul une étude spéciale, et il marque l'état de la science à l'époque où il a été écrit. Il y a d'excellents jalons pour la distribution géographique des espèces antédiluviennes. Enfin vient une étude solide du fameux ouvrage de Newton sur la philosophie naturelle. Ce dernier traité, tout mathématique, nous montre lord Brougham sous un jour nouveau. Ce n'est plus l'homme d'État qui a honoré, par ses lumières, son désintéressement et des réformes importantes, les fonctions de lord chancelier; ce n'est plus l'orateur éloquent du barreau et de la tribune; ce n'est plus l'homme de salon dans lequel le bon sens brille à côté et à l'égal de l'esprit français (qu'on me passe ce terme peu modeste ici); ce n'est plus l'expérimentateur opticien, suivant moi, un peu aventureux en théo-

rie, s'il est inattaquable dans les faits qu'il découvre : c'est un vrai et profond mathématicien qui, tout en prenant Newton pour guide, marche comme Lagrange avec le raisonnement, qui donne la clarté, et le calcul, qui donne la force. Il y a quelques mois, lord Brougham a publié à part cette belle étude sur le livre de Newton en collaboration avec un jeune gradué de l'université de Cambridge, M. E.-J. Routh. La participation du noble lord à cette nouvelle édition n'est point purement nominale, comme on aurait pu le présumer, et sérieusement il est à regretter que les mathématiques n'aient pas été une occupation professionnelle pour le célèbre chancelier du royaume-uni. On trouve dans ce volume, sur la métaphysique des forces et sur l'historique des diverses parties de la mécanique céleste, d'utiles notions qu'on chercherait vainement ailleurs. L'auteur pense et fait penser. Il est toujours positif, clair et profond. Je me hasarderai à dire qu'une étude pareille, faite d'après un plan bien arrêté, sur tous les écrivains qui ont fait avancer la science du système du monde, si elle était accomplie par le collaborateur du noble lord et suivant la méthode de celui-ci, serait un précieux présent fait au monde astronomique. On voit du reste que la comparaison des méthodes et la science des résultats obtenus par chaque auteur sont familières aux collaborateurs de l'*Analytical Wiew*. A l'étonnement que j'eus, il y a quinze ans, de trouver dans lord Brougham un mathématicien sous la toge d'un homme d'État, s'est joint, il y a quelques mois, celui de le retrouver dans toute son énergie primitive. Longue vie au noble lord et félicitations sur son dernier ouvrage !

Peut-être que sans la récente publication du livre de lord Brougham, je ne me serais pas encore décidé à terminer la présente étude, où il m'a fallu choisir, comme on le pense bien, entre un grand nombre d'exemples de l'emploi des mathématiques transcendantes. La théorie des probabilités, la mécanique rationnelle, la physique, auraient pu m'offrir de belles applications; mais ces objets sont moins généralement connus que les astres, et m'auraient forcé de supposer ou de rappeler un plus grand nombre de notions préliminaires. En somme, j'ai dit ce que je voulais dire, et pour toute excuse vis-à-vis du lecteur, je lui suggérerai ce conseil que donne Jean-Baptiste Rousseau pour abréger les écrits peu amusants :

Rendons-les courts en ne les lisant point!

(Mai 1856.)

LA VIE

AUX

DIVERS AGES DE LA TERRE.

LA VIE

AUX

DIVERS AGES DE LA TERRE.

I.

La *longévité humaine*, la *quantité de vie sur le globe*, *l'époque de l'introduction de la vie sur notre planète*, ce sont là diverses questions sur lesquelles l'attention du public a été appelée récemment (1), et dont je voudrais dire quelques mots, en m'arrêtant de préférence aux deux dernières, qui s'écartent moins du cercle habituel de mes études. L'occasion s'offrira ainsi d'indiquer ce que l'état actuel de la science expérimentale peut nous faire espérer sur la solution de quelques problèmes jugés jusqu'ici hors de la portée de l'esprit humain.

La recherche des limites de la vie et des moyens de la prolonger intéresse tout homme sur lequel la crainte

(1) Par le livre de M. Flourens, *de la Longévité humaine et de la quantité de vie sur le globe*, 3e édition. Paris, 1856.

ou l'espérance, la curiosité ou la science, peuvent avoir prise, c'est-à-dire le genre humain tout entier. Si, comme l'a dit Franklin, le temps est l'étoffe de la vie, cette étoffe, fût-ce même la guenille de Molière, nous est chère, et depuis que notre mère Ève a préféré la science aux jouissances du bien-être matériel, le genre humain a toujours été plus sensible à la curiosité et à l'émotion qu'attaché à la possession calme des avantages obtenus. Les chercheurs de la pierre philosophale se proposaient deux choses: faire de l'or pour acquérir ce qui représente tous les agréments de la société, et ensuite obtenir la perpétuité de la vie et de la santé pour jouir indéfiniment de ces biens. En compulsant tous les vœux et toutes les prières adressées au ciel, soit païen, soit chrétien, on retrouve toujours les mêmes demandes et les mêmes désirs. C'est le mot d'Horace :

Det vitam, det opes.

De même, dans les consultations réclamées des oracles et des devins, il est rare que les deux objets de la pierre philosophale n'entrent pour une bonne part. Telle est la physiologie de l'âme humaine; au lieu de définir avec les naturalistes l'homme comme étant l'animal à deux pieds et à deux mains, on aurait pu le caractériser par le désir de connaître l'avenir, et surtout, dans cet avenir, la durée de la carrière qui lui est réservée parmi les vivants.

En traçant les conditions de la longévité et en assignant les limites de la vie, M. Flourens, sous plusieurs points de vue, a contribué notablement, nous le croyons, à reculer ces limites pour un grand nombre d'esprits

inquiets qui trouvent dans l'*hygiène de l'espérance* une véritable pierre philosophale. M. Flourens débute par l'exemple de Cornaro, qui voulut mourir centenaire, et qui y parvint au moyen d'une vie exempte d'excès. La Providence, selon le savant académicien, a voulu donner à l'homme une *vie séculaire*. « Avec nos mœurs, nos passions, nos misères, l'homme ne meurt pas, il se tue. » Là, comme dans bien des choses, vouloir c'est pouvoir. Dans le cadre des événements dont j'ai été témoin moi-même, je puis citer M. D......, qui, consultant, il y a longues années, un célèbre médecin français, reçut cette réponse peu agréable : « Vous mourrez bientôt. — Mais n'est-il aucun moyen de conjurer cette fatalité? — Oui, mais le moyen est au-dessus de vos forces. — Comment? — Il vous faudrait un régime que vous n'aurez pas le courage et la volonté constante de suivre. — Je voudrai. — J'en doute. — Je voudrai, vous dis-je, répondit le long, pâle et faible malade. — A ce prix, vous vivrez. » Or M. D...... vit encore après plusieurs décades d'années écoulées depuis la consultation, et le régime sévère auquel il a eu le courage de se soumettre l'a préservé.

Je n'ai pas besoin de dire que l'ouvrage de M. Flourens est non-seulement un livre scientifique dans les chapitres où il traite de la physiologie, de la psychologie, de la pathologie et de l'hygiène de la vieillesse, mais encore un livre moral, en ce qu'il met la longévité au prix du renoncement à tout excès et à toute passion désordonnée, et qu'il admet l'hygiène ou la santé de l'âme comme aussi essentielle à la longévité que celle du corps. C'est le μηδὲν ἄγαν des sages de la Grèce,

lequel est traduit littéralement par le *rien de trop* de notre la Fontaine. Beaucoup de personnes se sont imaginé que ce n'était qu'au prix du renoncement à toutes les jouissances de la vie que M. Flourens obtenait une sorte d'impassibilité très-saine pour le corps, mais qui réduirait l'homme à une mort anticipée, en le condamnant à une sorte d'automatie imbécile qui ne lui permettrait de se préoccuper que de ce qui est bon ou nuisible à la santé. Cependant user, ce n'est pas abuser, et M. Flourens établit fort bien qu'en recherchant les avantages qui sont l'apanage de chaque période de la vie, il n'est guère d'âge qui ait quelque chose à envier à un autre âge. C'est surtout pour la vieillesse que l'auteur montre que l'homme est alors bien loin d'être déshérité, au physique et au moral, de tous les biens de la vie. Seulement il ne faut pas vouloir l'impossible, et, suivant le proverbe, « il faut chercher de l'eau dans son puits. »

Par de bonnes raisons physiologiques et anatomiques, M. Flourens prolonge, c'est son expression, la durée de la première enfance jusqu'à 10 ans. Il fixe le terme de l'adolescence à 20 ans, celui de la première jeunesse à 30, de la seconde jeunesse à 40 ans. Le premier âge viril va de 40 à 55, et le second de 55 à 70. L'âge viril est l'époque forte de la vie. A 70 ans commence la première vieillesse, qui s'étend jusqu'à 85 ans. A 85 ans commence la seconde et dernière vieillesse, dont le terme doit atteindre au moins le siècle entier. Les livres saints, plus généreux, portent la limite de la vie à 120 ans. *Erunt dies hominis centum vigenti annorum.*

Parmi les excellentes choses que contient le livre de

M. Flourens se trouve cette remarque importante, que, tandis que l'on a beaucoup parlé de l'influence du physique sur le moral, on a oublié de mentionner l'influence non moins puissante du moral sur le physique. En ce sens, la culture intellectuelle, qui donne la santé morale, est une véritable hygiène pour le corps. Le secret des cures merveilleuses que font beaucoup de charlatans est évidemment dû à ce puissant antidote *moral*, l'espérance, qu'ils administrent si libéralement et à si grandes doses. Dans les crises épidémiques, la consternation générale et la dépression des forces vitales qui s'ensuit agissent d'une manière désastreuse sur les populations concentrées, en sorte qu'une partie notable de ceux qui succombent meurent, non pas du fléau, mais bien de la peur. En disant aux vieillards qu'ils doivent atteindre 100 ans, et aux centenaires qu'ils peuvent à toute force arriver à deux siècles, M. Flourens ôte à la vieillesse toute préoccupation de fatalité inévitable. La Fontaine a dit :

Est-il un seul moment
Qui vous puisse assurer d'un second seulement ?

M. Flourens dit bien plus sagement : Est-il un âge si avancé qui ne vous laisse l'espoir d'en atteindre un plus avancé encore ?

L'homme de toutes les nations, de toutes les races et de tous les climats possède le même degré de longévité : c'est un point que M. Flourens admet avec Buffon. L'empereur Claude, dans l'orgueil de la pourpre romaine, disait insolemment que tout homme qui ne naissait pas roi était un sot : *Aut regem aut fatuum nasci*

oportere. Admettons que tout homme qui ne meurt pas centenaire est une dupe, et réglons-nous là-dessus! Cette assertion sur l'égale longévité dans tous les climats me paraissait contraire toutefois à ce qu'on raconte de la prétendue longévité des habitants du Nord. Je suis donc allé consulter là-dessus M. le capitaine d'Arpentigny, qui vient de publier la deuxième édition de son traité curieux de *la Science de la Main* ou *Chirognomonie.* C'est une des plus intéressantes études des rapports du moral au physique, science assez négligée de nos jours. M. d'Arpentigny est un excellent observateur; laissons-le parler. « En revenant de Russie, où j'étais prisonnier de guerre, j'avais pour guide de ma voiture ou chariot un centenaire fort actif. En passant près d'un champ à moitié moissonné, il nous offrit de nous montrer son père encore vivant. Nous vîmes assis sur quelques gerbes un vieillard que la décrépitude paraissait avoir respecté, ayant une très-belle et longue barbe blanche, et fixant ses yeux sur le soleil, qui était en ce moment très-vif et très-éclatant. Là-dessus on nous dit que depuis plusieurs années ce vieillard était aveugle; il avait alors 125 ans, et je remarquai avec étonnement que l'extrémité inférieure de sa barbe était noire; on nous dit que c'était à cause de son très-grand âge, et que c'était un signe de mort prochaine quand la barbe et les cheveux noircissaient ainsi, et que les dents repoussaient aux gens très-âgés. » M. d'Arpentigny remarque judicieusement que les centenaires fixent l'attention en Russie comme ailleurs. C'est donc un cas exceptionnel, et par suite la longévité n'y est pas plus grande que chez nous. Là, comme en France, c'est le

privilége de certaines familles, dont presque tous les individus atteignent un âge très-avancé.

Le genre de vie ne paraît pas non plus avoir beaucoup d'influence sur la longévité. Un célèbre magistrat anglais, qui avait occasion de voir à la barre de son tribunal un grand nombre de personnes, s'informait exactement de tous les vieillards quel avait été le régime qui leur avait si bien réussi. La seule chose qui se trouvât commune à tous, ce n'était pas un genre de vie spécial, c'était *l'habitude de se lever matin*. C'est donc une prescription hygiénique à ne pas oublier.

On trouve dans le livre de M. Flourens plusieurs données curieuses sur la longévité des animaux, et sur le rapport de la durée de la vie avec la durée de la croissance de l'animal. L'ouvrage est aussi utile par les erreurs qu'il détruit que par les vérités qu'il proclame. Je ne connais rien de certain, dit l'auteur, touchant la vie des oiseaux. Cependant le corbeau, le perroquet et le cygne paraissent pouvoir arriver à être centenaires. L'auteur admet encore qu'après l'âge ordinaire de 100 ans, la vie de l'homme peut se prolonger au double. Il cite l'exemple de Parr, qui vécut 152 ans et mourut d'accident, puis celui de Jenkins, qui arriva à 169 ans et qui fut appelé un jour à rendre témoignage sur un fait dont la date remontait à 140 ans. On lui consacra une pierre tumulaire dans l'église de sa commune natale, et j'ai récemment montré à l'Institut son portrait dans une vieille gravure, qui fut regardée avec empressement par toutes les personnes présentes à la séance.

M. Flourens indique les circonstances physiologiques qui lui servent à fixer la durée des divers âges dans la

vie de l'homme; j'omets ici les termes techniques. Il y a bien du temps que j'ai oublié mes études anatomiques et physiologiques avec Magendie. Un candidat (le candidat est toujours au moins bienveillant, sinon flatteur, pour l'académicien dont il demande la voix), un candidat, dis-je, me rappelait que nous avions assisté ensemble aux leçons expérimentales de l'illustre maître, et me demandait si j'avais continué à suivre les progrès de la physiologie depuis cette époque. Je lui répondis que j'étais en physiologie de la même force que l'était M. Ampère aux échecs, c'est-à-dire *que je n'étais d'aucune force* (1). Qu'il me soit permis cependant, malgré mon incompétence, d'insister, d'accord avec M. Flourens, sur la force vitale qui réside en chaque individu, et qui fait que la santé n'est pas un état incertain et instable toujours prêt à faire place à la maladie. Non, l'être vivant a été sagement organisé pour sa conservation, et s'il survient quelque dérangement, il tend à reprendre sa condition normale et fixe, qui est la santé. Je ne connais pas d'état plus malheureux que celui de malade imaginaire; c'est presque une monomanie flottant continuellement entre la crainte et les remèdes;

---

(1) Il faut savoir que ce profond savant avait quelques prétentions à bien jouer ce que Delille appelle

..... le jeu rêveur qu'inventa Palamède.

Il consultait un jour en ces termes un naïf employé du café de la Régence : « Vous êtes de première force aux échecs? — Oui, monsieur; mais il y a encore deux ou trois personnes qui sont au-dessus de moi. — Quels sont ceux de deuxième force? — MM. tels et tels. — Et ceux de troisième force? »

sans sortir du malheur. Je doute que la grande autorité du secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences guérisse aucun de ces infortunés.

II.

Le livre de M. Flourens contient deux autres parties, l'une relative à *la quantité de vie sur notre globe*, et la seconde à *l'apparition de la vie sur cette planète*. Buffon avait déjà admis que la quantité de vie qui existe *sur la terre est toujours la même*; on sait que Buffon, comme plusieurs penseurs de son époque, admettait un certain nombre de particules organiques qui étaient indestructibles, et qui formaient par leur ensemble la masse totale de vitalité existant sur notre terre. Nous savons si peu de chose sur la nature de la force vitale, que la théorie de Buffon et des naturalistes de son temps

---

L'employé désigne un grand nombre de personnes sans y comprendre M. Ampère. « Et moi? dit timidement celui-ci, de quelle force suis-je? — Oh! vous, monsieur, repondit le candide interlocuteur, vous *n'êtes d'aucune force.* » Or voici le sens moral de mon récit : c'est d'arriver, à propos d'échecs, à rectifier l'énorme bévue faite par mon apprenti-géomètre, et dont j'ai très-étourdiment endossé la responsabilité dans l'étude sur les *calculs transcendants*. En additionnant tous les grains de blé de chaque case, on trouve : 18,446,744,073,709,551,615 grains, lesquels à raison de 1,800,000 grains par hectolitre, donneraient 10,248,191,152,000 hectolitres, qui, à 10 francs seulement l'hectolitre, vaudraient 102,482 milliards. Voilà la rectification qui m'a été indiquée par plusieurs correspondants bénévoles, que je remercie sincèrement.

a toujours paru fort hypothétique. L'observation nous montre clairement une différence tranchée entre les phénomènes de la vitalité et ceux de la nature inorganique compris dans les lois de la mécanique, de la physique et de la chimie; mais la personnification, l'individualité de la force vitale nous échappe aussi bien que l'essence de la volonté animale ou de l'âme humaine. M. Flourens, rejetant les molécules organiques de Buffon, s'exprime ainsi : « J'étudie la *vie* dans les *êtres vivants*, et je trouve deux choses : la première, que le nombre des *espèces* va toujours en diminuant depuis qu'il y a des animaux sur le globe, et la seconde, que le nombre des *individus* dans certaines *espèces* va toujours en croissant, de sorte que, à tout prendre et bien compté, le *total de la quantité de vie*, j'entends *le total de la quantité des êtres vivants*, reste toujours en effet, comme le dit Buffon, à peu près le même. » A mon tour, je ne vois pas quelle mesure, quelle pesée, quelle estime quantitative on peut faire de la vie pour affirmer quelle est à peu près toujours la même. La prédominance de l'homme et des animaux domestiques qu'il fait subsister autour de lui semblerait faire penser que la vitalité terrestre s'augmente de jour en jour. M. Flourens trace ici un beau tableau des espèces anéanties depuis les temps historiques. La race sauvage du bœuf, du cheval, du chameau, du chien, a disparu. On peut ajouter que le mouton et la chèvre ne sont que des domestications fort douteuses du mouflon et du bouquetin. Le loup a disparu de l'Angleterre, et il tend à disparaître de la France. Suit un tableau encore plus brillant des espèces antédiluviennes qui

ont abandonné notre terre depuis un temps plus ou moins long : le mammouth, le mastodonte, dont on exploite encore l'ivoire fossile, le dinothérium, le mégathérium, tous gigantesques. Enfin la conclusion remarquable de M. Flourens est qu'à part l'homme, toutes les espèces actuelles existaient dans le monde primitif. Il faut lire dans son livre cette savante exposition, où la question est nettement posée, les faits interprétés sans ambiguïté, et d'où il résulte enfin que par rapport au nombre des espèces et à leurs variétés les êtres vivants actuels ne sont qu'un reliquat assez pauvre en espèces, s'il est riche en individus (1). J'omets mille belles pensées et des dissertations fondamentales sur les générations spontanées, les germes préexistants. Il faut tout lire et tout méditer dans l'ouvrage de M. Flourens, et ce n'est pas seulement un livre de compilation et de réflexions sur des faits étrangers à l'auteur : on y trouve le résultat de plusieurs recherches expérimentales qui lui appartiennent sur le croisement des espèces, sur le type propre à chacune, sur l'évolution des parties constituantes des animaux et notamment des os. Dans la troisième partie, les théories géologiques sont clairement exposées, quoique en peu de mots, et la date récente de l'état actuel du globe est mise en évidence.

Ainsi que nous venons de le dire, M. Flourens admet la fixité et l'immutabilité des espèces animales, et le

(1) M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire donne pour le recensement de la nature vivante d'aujourd'hui deux cent soixante mille êtres distincts, tant animaux que végétaux.

monde organique actuel lui paraît, quant à leur nombre, bien inférieur à la population de la nature primitive. C'est assez humiliant pour notre époque. De plus, les espèces que nous possédons sont plus petites que les espèces antédiluviennes. L'éléphant seul soutient un peu l'honneur du monde actuel, mais il n'occupe plus comme autrefois la terre entière, du pôle à l'équateur. Je ne vois cependant pas, dans les dépouilles fossiles des mammifères, des reptiles et des poissons les plus gigantesques, rien de comparable à nos baleines et à nos cétacés, dont la taille paraît atteindre quelquefois jusqu'à 100 mètres de longueur (1). Est-il dans tous les monstres antédiluviens, aquatiques ou continentaux, un squelette qui, dressé le long du portail de Notre-Dame de Paris, en dépasserait les tours de la moitié de leur hauteur? La terre de ce siècle n'est donc pas, sous le rapport de la vitalité dominant une grande masse de matière, en infériorité avec la terre des siècles antérieurs.

En admettant que toutes les espèces actuelles existaient dans le monde primitif, M. Flourens échappe à bien des difficultés que l'école opposée rencontre sur sa route. Sans vouloir me prononcer contre l'autorité du savant académicien, j'avoue que mes sympathies sont pour l'école de Geoffroy-Saint-Hilaire, qui nous

(1) Fait vivement contesté, quoique extrait textuellement de Lacépède (*Hist. nat. des Cétacés*). Je n'ai pu obtenir de nos naturalistes, et encore à grand'peine, que des baleines d'une dimension égale à la colonne de la place Vendôme (43 mètres). J'avais beau dire avec Molière : « Eh ! monsieur, un petit mulet ! »

montre les développements successifs des germes primitifs des espèces animales et végétales, sous les influences extérieures, donnant naissance à des espèces nouvelles et réalisant une sorte de création moderne dont la sagesse industrieuse de la puissance créatrice a préparé d'avance la possibilité et les moyens. Elle a établi les lois de la nature à l'origine des choses, et elle les suit sans y déroger, puisqu'on ne peut pas admettre une imprévoyance de sa part; c'est le *semel jussit, semper paret* de Sénèque. Dieu a ordonné une première fois, et il s'obéit ensuite toujours à lui-même. Abordons avec ces idées l'école de Geoffroy-Saint-Hilaire, qui admet expressément qu'il existe aujourdhui des espèces animales et végétales que le monde précédent ne possédait pas.

Quoique ayant suivi personnellement, et à l'époque où ils se sont produits, tous les débats des deux écoles que l'on désignait sous les noms de Cuvier et de Geoffroy-Saint-Hilaire, je n'entrerai point dans le fond de la discussion, que je voudrais voir traité par des autorités plus compétentes. L'école de Geoffroy, avec ses idées sur l'unité de composition, nous montre dans tous les êtres des organes rudimentaires, véritables pièces d'attente pour un développement tout autre que celui que des circonstances particulières ont fait suivre à l'espèce spéciale qu'on étudie. La théorie des analogies, des connexions et du balancement des organes, les vues exposées sur la signification et le rôle des organes rudimentaires, toute l'immense théorie des monstruosités qui décèlent les tendances de la nature quand elle est affranchie du joug des circonstances ordinaires, un étroit *finalisme* exclu

de la science, enfin ce que M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire, son fils, caractérise nettement par les mots suivants : réfutation de l'hypothèse de l'immutabilité des espèces, influence modificatrice des circonstances extérieures, possibilité que les races actuelles descendent des races antiques (1): tous ces vastes travaux d'Étienne Geoffroy-Saint-Hilaire et de son école nous invitent à transporter sous son buste, et au même titre, l'épigraphe inscrite sous celui de Buffon : *Génie de pair avec la majesté de la nature.*

Majestati naturæ par ingenium.

Écoutons M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire : « Rien de plus séduisant pour l'esprit, au premier abord, que la doctrine des causes finales ; rien de plus contraire à la saine philosophie que les abus qu'on en a faits et qu'on en fait chaque jour encore. Les livres sont pleins de raisonnements où la puissance providentielle de Dieu est représentée comme intervenant dans la conservation des espèces, non par ces lois d'harmonie qu'elle a posées à l'origine des choses, mais par des soins apportés minutieusement et spécialement à chaque être... Au lieu d'observer ce que Dieu a fait, on ose imaginer ce qu'il a voulu faire. »

Beaucoup d'esprits timorés craignent qu'en reportant l'intervention de la puissance créatrice dans une sphère plus élevée et plus éloignée des phénomènes qui nous

(1) Voyez l'ouvrage de M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire : *Vie, travaux et doctrine scientifique d'Étienne Geoffroy-Saint-Hilaire*, Paris, 1847.

touchent pour ainsi dire, on n'ait l'intention de l'écarter tout à fait. Or le progrès des sciences, en montrant le faible de toutes les théories, a marché parfaitement en sens contraire de cette crainte. C'est un mauvais cadeau à faire à la suprême puissance que de lui mettre dans les mains les actions immédiates de la nature. Boileau a dit en vers : « Pour moi, je crois que c'est Dieu qui tonne ! » D'accord, mais pourquoi ne tonne-t-il pas en hiver, où les hommes sont aussi méchants qu'en été? Lucrèce, le philosophe païen, dit bien mieux : « On frémit sous les coups du tonnerre parce qu'on redoute d'être appelé subitement à rendre compte de sa vie ! » Mettre les météores dans les mains de la Divinité, c'est lui imposer la responsabilité de toutes les bizarreries intentionnelles et de toutes les maladresses de ces aveugles produits des lois de la nature. Chateaubriand a donné droit de cité dans le domaine de la littérature à ce vieux dicton : « Si Dieu a fait l'homme à son image, l'homme le lui a bien rendu. » C'est une profonde vérité jetée en riant. Hâtons-nous de dire que, comme Etienne Geoffroy-Saint-Hilaire et son fils n'ont jamais manifesté aucune tendance à la prétention d'être ce que le siècle de Louis XIV appelait des *esprits forts*, et celui de Louis XV des *incrédules*, toute maligne interprétation de leurs paroles tomberait dans le domaine de la calomnie.

Voici un passage précis : « Les animaux sont-ils variables sous l'influence des circonstances?... La réponse ne saurait être douteuse ni à l'égard des individus, ni à l'égard des races et de ces groupes d'individus que nous appelons espèces. » M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire ajoute que c'est l'expérience seule qui peut tran-

cher la question. Il cite Bacon disant il y a deux siècles : « Tentez de faire *varier les espèces elles-mêmes, seul moyen de comprendre comment elles se sont diversifiées et multipliées.* » L'auteur conclut que la domestication et ses influences ont déjà réalisé l'idée de Bacon. Je ne suis pas de son avis. Il indique ensuite très-bien que si on joint aux effets des causes actuelles les effets de celles qu'ont introduites les révolutions physiques du globe, on ne sait plus où s'arrêter dans les conjectures. Dans l'état présent de nos connaissances sur la nature physique et sur la nature organique, il y a lieu de soumettre cette question à un examen expérimental.

Je ne puis résister au désir d'égayer mon sujet en indiquant de quelle manière on interprétait au commencement de ce siècle les idées de Lamarck sur les variations que les circonstances extérieures pouvaient amener dans les espèces. Prenez un cheval et placez son ratelier de plus en plus haut chaque jour ; l'animal, forcé de lever la tête chaque jour de plus en plus pour atteindre sa pâture, s'allongera le cou et les jambes de devant, et votre cheval deviendra un chameau ou une girafe. Placez une poule près d'un étang, avec la nécessité de se nourrir des poissons et des mollusques de l'eau : par suite des efforts qu'elle fera pour atteindre les objets sans se mouiller le corps, ses pattes s'allongeront, son cou et son bec subiront un allongement correspondant. Votre poule sera devenue un héron, le vrai héron de la Fontaine, *le héron au long bec, emmanché d'un long cou et allant sur ses longs pieds!* Je n'ai pas besoin de dire qu'il ne suffirait pas que la poule fût devenue héron, il faudrait, pour constituer

l'espèce, que la poule pût transmettre par voie de génération sa qualité de héron à ses descendants et la perpétuer indéfiniment. Quant au régime du cheval, rien n'aboutirait à faire d'un animal à pieds ensabotés un animal non solipède, sans compter mille et mille autres difficultés.

Revenant au côté sérieux de la question, et admettant, avec l'école de Geoffroy, « qu'il existe aujourd'hui sur notre globe des espèces inconnues au monde antédiluvien, » ce qui est l'opinion actuellement triomphante, comment introduirons-nous ces espèces dans le monde de nos jours? L'autorité de la Genèse est favorable à la production naturelle des êtres. C'est à la terre qu'il est ordonné de produire les plantes et les arbres, ensuite il est ordonné aux eaux de produire les poissons, puis de nouveau il est dit à la terre de produire les animaux. Ailleurs on trouve que tout a été créé à la fois par l'Eternel : *Qui vivit in æternum creavit omnia simul.* Donc pas de créations successives.

Certains « organisateurs de mondes » appellent, à chaque crise générale, la puissance créatrice à réparer les pertes qu'a éprouvées la création antérieure par un véritable supplément de création. A ce prix, j'aime encore mieux croire, avec M. Flourens, à l'immutabilité des espèces et à la diminution de leur nombre. La doctrine des créations successives, qui accuse la puissance suprême d'imprévoyance ou d'impuissance à préparer les changements de la vie sur notre globe, me paraît une vraie *réduction à l'absurde*. Homère, dit Cicéron, transportait aux dieux, dans ses fictions, les *choses* humaines : j'aimerais mieux qu'il eût transporté les *choses*

divines aux hommes! Toutes les fois que l'intelligence de l'homme veut essayer de comprendre la puissance créatrice, la voie de la raison lui crie : Monte, monte encore, monte toujours! Puis, quand elle est au plus haut point où elle peut atteindre, elle est encore aussi éloignée du but qu'au moment du départ. Les Athéniens avaient élevé une statue Θεῷ ἀγνώστῳ, mots que l'on traduit ainsi, avec saint Paul : Au dieu inconnu. Le vrai sens est littéralement : *Au dieu inconnaissable*, sens aussi profond qu'il est incontestablement vrai.

Je n'ai point à m'étendre d'ailleurs sur cette question de l'immutabilité des espèces après ce qui en a été dit dans une excellente étude (1), et où je regrette seulement de ne pas voir mentionné le singe fossile d'Athènes, dont tous les naturalistes ne parlent aujourd'hui qu'avec amour et passion (*con amore*). « Avez-vous vu le cinquième singe fossile, celui d'Athènes? — Pas encore. — Venez, allons-y tout de suite. — Mais je suis fort occupé d'un sujet tout à fait différent. — C'est un objet unique; allez-y dès que vous aurez un instant disponible. — Je n'y manquerai pas. »

D'où vient donc le débat entre les partisans de l'existence d'espèces nouvelles, ayant paru depuis la dernière catastrophe, et les partisans de l'opinion que toutes les espèces actuelles ont leurs représentants dans la nature fossile? Evidemment de ce que les uns admettent comme caractères essentiels de non-identité ce que les autres regardent comme de simples variétés, par exemple les différences qui, dans l'espèce humaine,

(1) *La Paléontologie*, par M. Laugel.

existent entre la race caucasique d'Europe et la race nègre d'Afrique. Je dois dire, pour n'omettre aucune des pièces du procès, que la doctrine moderne des développements embryonnaires semble favorable à la production d'espèces nouvelles. Pour sortir d'embarras sans interroger la paléontologie, l'embryogénie, la physiologie, l'anatomie et l'histoire naturelle, cherchons maintenant ce que l'expérience directe, absolue, ou, même encore plus modestement, ce qu'un plan d'expériences directes peut nous faire espérer de lumières dans un sujet si obscur.

III.

Abstraction faite de tout ce qui précède, je pose cette question hardie : la physiologie expérimentale peut-elle nous fournir des lumières pour la solution du problème de la fixité des espèces ou de leur altération fondamentale sous l'influence des agents extérieurs? Peut-on, en plaçant des plantes ou des animaux dans des atmosphères artificielles, avec des circonstances de chaleur, de lumière, d'humidité convenables, en modifier tellement la constitution, qu'il se produise des espèces nouvelles? En agissant sur des germes, des graines, des œufs, du frai, des embryons, obtiendrait-on d'autres espèces que celles qui, dans la nature de nos jours, résultent du développement de ces rudiments d'êtres vivants où brillent si merveilleusement l'art et l'industrie de la puissance créatrice? Ici le microscope, en sondant l'infiniment petit, rencontre encore plus de *dessein*, d'*intention*, de *fait-exprès*, que n'en peut conjecturer le télescope en sondant l'infiniment grand

des cieux, ces nuages de poussière céleste dont chaque grain est un soleil, et cet entassement de pareils nuages les uns derrière les autres, à une distance telle, qu'un rayon de lumière, qui en une seconde fait sept ou huit fois le tour de la terre, mettrait un *million d'années* (365,000,000 de jours!) à nous arriver des plus lointains de ces soleils visibles. Entre les questions qui se rapportent à la matière inerte et celles qui ont pour objet la nature vivante, soit végétale, soit animale, la différence de difficulté est immense, et les progrès très-inégaux que l'esprit humain a faits dans ces deux ordres de sciences sont là pour en attester l'inégale complication. L'étude microscopique du développement du germe d'un grain de blé surpasse tous les miracles du ciel des astres, et confirme le sens de ces deux beaux vers :

> Maximus in minimis certè Deus, et mihi major
> Quam vasto cœli in templo, astrorumque catervâ.

« C'est dans les petits objets que la puissance divine se montre la plus grande, plus grande que dans la vaste étendue du ciel et le cortége imposant des astres. »

J'ai déjà plusieurs fois dans ces *Études* mentionné les travaux de M. Ville (1), que l'Académie des Siences connaît et estime pour de nombreuses recherches de

---

(1) *Recherches expérimentales sur la végétation*, par M. Georges Ville; Paris, 1853.— *Mémoires* du même auteur, et *Rapports* à l'Académie des Sciences sur les travaux de M. Ville, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1855 et 1856.

physiologie végétale. Approuvées par les Rapports des Commissions nommées pour les juger, ces recherches ont été exécutées au moyen d'appareils de dimensions inusitées, qui permettent de faire vivre les plantes dans des atmosphères artificielles sans cesse entretenues à la même composition par des courants de gaz réglés avec la dernière précision, au moyen de réservoirs immenses gradués de même dans leur écoulement. L'air, les plantes, le sol sont ensuite analysés chimiquement, et contraignent la nature à répondre à cette question : Qu'as-tu fait ici? La tendance des travaux de M. Ville m'a toujours paru s'accorder on ne peut mieux avec la possibilité d'une solution du problème de la modification des espèces, soit végétales, soit animales. Les curieux résultats qu'il a obtenus dans des serres qu'il mettait au régime de l'acide carbonique et de l'ammoniaque, et où les plantes prenaient un développement immense, ses travaux persévérants de physiologie végétale, ses opinions basées sur des faits observés, ses présomptions appuyées sur des analogies plausibles, tout me désignait M. Ville comme pouvant apprendre aux lecteurs de ces *Études* ce qu'on peut *espérer de savoir* sur la transformation des espèces autrement qu'on n'a pu le faire jusqu'ici en compulsant, à grands frais de temps, de voyages, de fouilles, etc., les annales de la nature écrites dans les débris des êtres qui ont peuplé la terre avant nous.

Malgré la répugnance de ce savant éminemment sérieux et positif à se lancer dans des spéculations anticipées ayant pour objet l'influence du monde ambiant sur les êtres vivants, j'ai pu obtenir de M. Ville une

conférence que je laisserai ici dans la forme même où elle a été notée à plusieurs reprises. Cette conférence répond à peu près à ce que les Anglais appellent *cross examination*. On désigne ainsi des *enquêtes à fond*, obtenues des personnes compétentes sur une matière donnée, et qui doivent fixer l'*opinion probable*, sinon la conviction pour tous les amis de la vérité. Ici c'est beaucoup d'entrevoir la possibilité d'une solution dans une question jugée par tous comme placée hors de la portée du génie de l'homme. Ce sera beaucoup si les esprits sérieux admettent que, grâce aux travaux et aux présomptions de M. Ville, nous faisons passer ces importantes questions du domaine de l'*inconnaissable* dans le domaine un peu moins désespéré de l'*inconnu*. Pauvre progrès! dira-t-on. Quoi! se féliciter d'être arrivé, comme Socrate, à savoir qu'on ne sait rien! Oui, mais avec ce correctif qu'on pourra peut-être savoir un jour. Comme j'ai à ménager ici les scrupules d'un jeune savant que je lance bien malgré lui dans une carrière qui répugne à ses habitudes, je citerai ces belles paroles de Newton qu'il applique à ses travaux sur le système du monde : « Dans une matière si abstruse, le lecteur est prié de ne pas tant songer à blâmer les erreurs qu'à faire des efforts ultérieurs pour arriver à la connaissance de la vérité. »

On ne peut trop redire que la force vitale dans les plantes et dans les animaux établit une différence tranchée entre les phénomènes de la vie et ceux que la matière inerte offre à nos observations. La matière purement matière obéit aux lois de la mécanique, de la physique et de la chimie, sans choix, sans exception,

sans dérogation aucune. Là tout est absolu. Dans les êtres vivants, au contraire, il y a une perpétuelle dérogation à ces lois. La volonté et l'organisme produisent le mouvement, les lois physiques de la matière y sont en défaut, et il se forme sous l'empire de la vie des composés chimiques que le laboratoire lui-même, quoique plus intelligent que la nature, est impuissant à réaliser. De plus, chaque être vivant est un ensemble isolé du monde entier, et, suivant la belle expression de la Bible, un tout ayant en soi *un germe de reproduction*. C'est là un caractère fondamental. Un jour que je faisais admirer à un penseur une locomotive où le moteur de Séguin pour la vapeur animait la mécanique non moins admirable de Stephenson : « Ne voilà-t-il pas, lui dis-je, un véritable animal travaillant pour l'homme et créé par lui ? » Le philosophe me répondit : « Il vous manque, pour rivaliser avec Dieu, de pouvoir établir un haras de locomotives! » Il avait raison.

Parmi les données intéressantes que contient le livre de M. Flourens, on peut compter ce qu'il dit sur la perpétuelle variabilité des éléments qui composent un être vivant, en sorte que la plante et l'animal pourraient être considérés presque comme indépendants de leurs corps matériels. Nous n'avons pas à un âge avancé un seul atome des parties matérielles qui composaient notre corps dans la jeunesse. Nous avons à la lettre changé de corps, et même plusieurs fois. « Je crois l'avoir prouvé, dit le savant académicien, dans ces derniers temps par des expériences directes. » En effet, s'il est une partie dans le corps des animaux que l'on pût regarder comme fixe et invariable, ce sont assuré-

ment les os, et M. Flourens les a vus dans ses belles expériences former de nouvelles couches, perdre leurs anciennes, en un mot subir un incontestable et rapide renouvellement. *Tout change dans l'os pendant qu'il s'accroît; toutes ses parties paraissent et disparaissent.* Après avoir cité les présomptions de Leibnitz, M. Flourens cite Voltaire : « Nous sommes, dit celui-ci, réellement et physiquement comme un fleuve dont toutes les eaux coulent dans un flux perpétuel. C'est le même fleuve par son lit, ses rives, sa source, son embouchure, par tout ce qui n'est pas lui; mais changeant à tout moment son eau qui constitue son être, il n'y a nulle identité, nulle mêmeté pour ce fleuve. »

Chose incroyable, nous prenons Voltaire en flagrant délit de néologisme par ce mot de *mêmeté* qui peint du reste admirablement sa pensée. M. Flourens, qui a la modestie de ne citer ses travaux *démontrants* qu'après les idées de Leibnitz, de Voltaire et de Buffon, ne songeait pas sans doute à vérifier leurs conjectures vagues, quand il faisait ses belles recherches positives de physiologie expérimentale. Du moins, à l'époque où elles parurent, personne ne pensait à ces importantes conséquences, et l'on n'y voyait qu'une des grandes lois de la force vitale, laquelle a pu être traduite avec certitude depuis les travaux de M. Flourens par cette vérité : l'être vivant est indépendant de la matière qui constitue son corps, et la force vitale y substitue continuellement des matériaux nouveaux aux matériaux anciens. On trouve dans l'ouvrage de lord Brougham dont j'ai parlé récemment que pour cet esprit judicieux et profond le théorème physiologique démontré

par M. Flourens est une vérité connue et admise sans restriction. Suivant lui, un homme peut à sa mort avoir usé vingt ou trente corps différents. J'abandonne aux métaphysiciens toutes les inductions qui résultent de ce fait relativement à l'immatérialité du principe de l'intelligence dans l'homme.

Un mot encore sur la nature vivante. Si la vie de la plante est quelque chose d'indépendant de telle ou telle particule de la même matière et contient un principe tout à fait distinct, l'animal, par la *volonté*, l'*instinct*, le *sentiment*, contient un autre principe distinct lui-même de la vitalité organique, et l'homme, par *son intelligence*, *son âme*, principe encore tout à fait distinct, constitue un *quatrième règne*, assertion dont on m'a beaucoup loué et beaucoup blâmé, et qui ne m'appartient nullement, quoique je l'aie énoncée dès 1820 dans l'un des premiers numéros des *Archives de Médecine*, et en 1825 dans un discours de solennité publique.

Comme personne n'a étudié plus que M. Ville l'action de toutes les circonstances qui influent sur la vie et le développement de certaines classes d'êtres vivants, et que personne n'a mis en œuvre comme lui les moyens pratiques qui permettent de tenter de pareils essais, notre conférence fera comprendre ce qu'on peut espérer aujourd'hui touchant la possibilité de modifier les espèces actuelles et d'en produire d'autres, soit en revenant aux espèces passées *qui ont existé*, soit en essayant de produire des espèces qui n'ont point encore paru sur le globe. Je prie le lecteur de remarquer combien peu mon langage est affirmatif et combien peu je désire faire prendre pour des idées arrêtées des con-

sidérations d'une nature malheureusement encore trop conjecturale.

Voici ma conférence avec M. Ville.

Demande. — Peut-on croire qu'il y ait une filiation non interrompue entre les espèces actuelles et les espèces passées?

Réponse. — En nous en tenant aux faits, nous voyons nos espèces actuelles pendant leur développement embryonnaire reproduire sous nos yeux les formes des espèces fossiles et n'en différer qu'en ce point : à savoir, que les espèces fossiles se sont arrêtées à une certaine période de leur développement que nos espèces actuelles ont dépassée de manière à ne différer des anciennes que par un développement plus complet. Remarquez ces paroles expresses de M. Agassiz (1) : « C'est un fait que je puis maintenant proclamer dans la plus grande généralité, que les embryons et les jeunes de tous les animaux vivants, à quelque classe qu'ils appartiennent, sont la vivante image en miniature des représentants fossiles des mêmes familles. »

Demande. — Ceci, sauf la faculté de reproduction qu'il faut attribuer aux êtres vivants à chacune des phases d'arrêt de leur développement successif, concorde très-bien avec ce que l'expérience a fait constater sur les arrêts de développement qu'on a pu produire dans nos espèces actuelles. Indépendamment de tous les résultats admirables obtenus par Etienne Geoffroy-Saint-Hilaire, je ne puis omettre la curieuse expérience de William Edwards, qui a empêché des têtards de se

(1) Citées dans *la Paléontologie* de M. Laugel.

convertir en crapauds ou en grenouilles, en les privant complétement d'air et de lumière. Ces têtards continuaient cependant à prendre de l'accroissement et de la force. Ils acquéraient à cet état un volume monstrueux, sans cesser d'être têtards et de vivre de la vie des poissons. S'ils se fussent reproduits par des œufs et du frai, ils auraient constitué une véritable espèce par un arrêt de développement. Il est donc permis de croire qu'au moyen des agents extérieurs on pourra modifier profondément nos espèces actuelles.

Réponse. — La question est trop générale pour que je puisse y répondre en restant dans le cadre de mes observations, qui n'ont point dépassé le règne végétal.

Demande. — Alors que pouvez-vous présumer de la vie végétale aux époques primitives du monde?

Réponse. — L'atmosphère n'avait certainement pas alors la même composition que de nos jours. L'acide carbonique y était en bien plus grande abondance, et j'en trouve la preuve dans ces dépôts de charbon et de lignite qui constituent des bancs si étendus dans les deux hémisphères, et que la végétation dans notre atmosphère actuelle serait impuissante à produire. Toutefois cette abondance d'acide carbonique ne peut seule rendre compte de ces végétations colossales. Il fallait nécessairement la présence d'un composé azoté autre que notre azote gazeux, et beaucoup plus assimilable. Il n'est pas douteux d'ailleurs que ces végétations primitives ne puisaient rien dans le sol, puisque celui-ci n'avait pu encore être fertilisé par des détritus de générations antérieures. Nous trouvons la confirmation de ce fait dans cette circonstance importante, que les végétaux pri-

mitifs avaient acquis un développemunt foliacé énorme, tandis que leurs racines étaient à l'état rudimentaire.

D'un autre côté, nous savons, car nous pouvons reproduire ceci à volonté, que dans un sol de sable calciné et parfaitement privé de tout détritus végétal on peut obtenir des végétations florissantes, si l'on ajoute à l'air un composé azoté tel que l'ammoniaque, accompagné d'un excès d'acide carbonique. En opérant ainsi et par la nutrition foliacée, je suis parvenu à pousser les dimensions de certaines plantes, et entre autres d'un caladium, bien au delà des limites ordinaires. Ainsi pas de doute : la végétation primitive s'opérait exclusivement aux dépens de l'atmosphère, et celle-ci avait une composition différente de celle de nos jours. Le composé azoté qui en faisait partie était-il de l'ammoniaque? Je l'ai cru pendant longtemps; mais depuis que j'ai reconnu que les nitrates dissous dans l'eau agissent comme le gaz ammoniaque, je n'ose me prononcer à cet égard, car si on réfléchit aux actions chimiques qui pouvaient se produire alors, notamment sous la puissante influence de l'électricité, on trouve à peu près autant de motifs pour admettre la formation des nitrates que celle de l'ammoniaque. Il est donc bien certain que l'atmosphère ou les eaux d'alors contenaient, au nombre de leurs principes constituants, une combinaison d'azote dont l'atmosphère et les eaux de nos jours sont dépourvues.

Demande. — Mais, puisque l'on peut déduire avec une certitude si inespérée les conditions qui ont présidé aux végétations primitives, ne pourrait-on revenir à la flore antédiluvienne en opérant sur les fougères, les prêles, les lycopodes, tous représentants dégénérés de ces

mêmes plantes si énormes aux premiers âges du monde?

Réponse. — Je n'y vois rien d'impossible, surtout en ajoutant aux éléments d'une atmosphère artificielle, composée d'après les conditions qu'on vient d'énoncer, les influences réunies de la chaleur et de l'humidité. Ce que j'ai déjà obtenu dans des serres soumises au *régime* combiné de l'acide carbonique et de l'ammoniaque me semble autoriser cette présomption.

Demande. — Je reviens aux animaux, et je demande pourquoi on ne tenterait pas de produire sur eux les transformations qui ne paraissent pas impossibles sur les plantes. Dans une atmosphère convenable, l'éclosion des œufs d'une fourmilière pourrait-elle produire autre chose que des fourmis? Même question par rapport au frai des poissons.

Réponse. — Je ne puis répondre à ces questions. Les fonctions des animaux inférieurs à l'époque de leur premier développement ne me semblent pas assez connues pour qu'on puisse tracer sans autre préparation le plan de l'expérience que vous demandez. En général, il vaut mieux opérer sur les plantes que sur les animaux; et voici pourquoi. Plus l'organisation d'un être vivant est simple, plus nous avons de prise sur lui. Ainsi il n'est pas douteux qu'on doit réagir au moyen d'une atmosphère artificielle plus profondément sur les plantes que sur les animaux. Chez ceux-ci, la nutrition présuppose une fonction antérieure qui en est indépendante, à savoir la respiration. Dans l'économie animale, l'air sert à l'assimilation des aliments, mais il ne nourrit pas par lui-même. La nutrition s'opère au moyen d'un organe spécial. Chez les plantes, nous ne trouvons rien

de semblable : ici en effet la respiration se confond avec la nutrition ; l'atmosphère n'agit pas seulement en favorisant l'assimilation des aliments comme chez l'animal, l'atmosphère est elle-même l'aliment. La nutrition ne s'opère pas par un organe spécial, mais par tous les organes à la fois. Chaque cellule est un estomac sur lequel nous pouvons agir, et les actions intérieures à la suite desquelles un végétal croît et se développe sont infiniment plus simples que les actions correspondantes dont l'animal est le siége. Ces actions se rapprochent beaucoup plus de celles que nous produisons dans nos laboratoires, car le végétal se nourrit d'eau, d'acide carbonique, d'ammoniaque, d'azote, d'oxygène, de nitrates, toutes substances appartenant à la nature inorganique, qui n'ont subi aucune élaboration antérieure, et sur lesquelles la chimie est habituée à opérer. L'animal au contraire exige pour se nourrir une matière déjà organisée. Cette matière éprouve dans l'intérieur de ses tissus des transformations infinies, dont la succession mal connue échappe aux lois de la chimie, et sur la vraie cause desquelles on possède plus de présomptions que de preuves.

D'un autre côté, quelle disparate n'y a-t-il point entre les effets que nous pouvons produire sur les animaux et sur les plantes au moyen des agents impondérables ! Et pour n'en citer qu'un exemple, une élévation de température, qui est sans influence sur l'animal, imprime au contraire à la végétation une activité surprenante.

En présence de tous ces faits, il me paraît impossible de ne pas donner la préférence aux plantes pour tenter les expériences que vous demandez. Pour terminer et

pour conclure, s'agit-il de rechercher si les espèces animales changent ou ne changent pas sous l'empire des influences physiques, et si, après chaque révolution du globe, les générations nouvelles qui apparaissent sont le produit d'une création nouvelle, ou descendent des espèces antérieures? Je décline la responsabilité de tout plan d'expérience conçu en vue de décider ce point difficile de zoologie théorique. Pourtant, si nous nous en tenons aux faits, il est impossible de méconnaître l'importance de l'élément nouveau que M. Agassiz a introduit dans le débat, lorsqu'il a substitué à l'idée d'une espèce se changeant en une autre espèce, l'idée de deux espèces différentes provenant de deux germes semblables, dont le développement aurait acquis des degrés différents par la seule action des influences extérieures, et j'avoue que lorsque nous voyons nos espèces actuelles repasser, à partir de la première évolution du germe, par toutes les phases d'organisation auxquelles les fossiles des mêmes familles se sont arrêtés, le doute me paraît encore moins fondé. Voilà de la théorie; mais quant à l'expérience, si l'on veut attaquer le problème, l'idée qui se présente à l'esprit, ce n'est pas de pousser nos espèces actuelles au delà de l'échelon auquel elles sont parvenues, mais d'arrêter l'embryon dans le cours de son développement, d'étendre, de généraliser l'expérience de William Edwards sur le têtard, expérience qu'à ma connaissance notre profond physiologiste M. Claude Bernard a reproduite et vérifiée.

Si des animaux nous passons aux plantes, la question change complétement d'aspect. Ce qui doit nous préoccuper, c'est bien moins de transformer une plante en

une autre plante que de reproduire, sur celles des plantes actuelles qui correspondent aux végétations primitives, un excès de développement qui les en rapproche, afin de pouvoir ensuite conclure de la similitude des effets à l'analogie ou à l'identité des causes. Le problème imposant dont nous entrevoyons alors la solution, c'est d'éclairer l'histoire physique de la terre par des expériences de physiologie, et de reconstituer ainsi la météorologie primitive du globe. J'hésite d'autant moins à vous soumettre ces vues nouvelles, auxquelles mes études sur la végétation m'ont conduit, que personne autant que vous ne pourra les contrôler et les introduire dans le domaine public de la science.

A part le compliment final, qui était d'obligation, on voit que le résultat de l'enquête consciencieuse à laquelle nous venons de nous livrer, c'est qu'il y a peu d'espoir d'arriver à changer artificiellement les espèces animales, bien que l'idée d'agir expérimentalement sur les embryons et les germes, de manière à les arrêter à diverses phases de leur développement pour reproduire les espèces fossiles, soit une vue importante qui mérite d'être signalée au physiologiste expérimentateur. Il va sans dire, et c'est là que gît la principale difficulté, qu'il ne suffit pas seulement d'arrêter un développement organique : il faut encore y joindre la faculté reproductrice pour compléter une espèce. Cette *sexualité* du reste, dans beaucoup de cas, semble bien accessoire. Pour de nombreux animaux, prendre ou ne pas prendre de sexe, c'est le résultat de circonstances des plus insignifiantes, et beaucoup d'insectes ne vivent que très-peu

de temps à l'état d'animaux reproducteurs. Ainsi *un simple plan pour tenter une expérience dont nous ne prévoyons pas l'issue, voilà tout ce que nous pouvons donner au lecteur sur cette question de la permanence ou de la variation des espèces animales, tant controversée depuis le commencement de ce siècle.*

Cette étude n'aura pourtant pas été sans utilité : elle nous montre comment la voie rigoureuse de l'expérience peut à l'improviste nous ouvrir des perspectives nouvelles. En essayant les divers moyens d'agir sur les plantes, M. Ville se trouve conduit à la possibilité de reconnaître quelle était primitivement la composition de l'atmosphère terrestre, résultat qui, obtenu par des expériences bien coordonnées, serait l'une des plus belles conquêtes de la science moderne, et c'est, à mon avis, une de celles qu'un avenir prochain doit réaliser.

A tout prendre, il est vraiment fâcheux que la science réponde à l'imagination par une négation presque absolue. Il eût été si beau de se figurer la création se modifiant à volonté sous l'empire du génie de l'homme ! Il y a loin de nos tristes *positivités* scientifiques aux jeux brillants de l'imagination, qui nous montrait pour les âges futurs de notre monde terrestre la naissance d'un être plus parfait que l'homme, et qui serait à celui-ci ce que l'homme est aux animaux. On avait parlé d'un être qui aurait d'autres sens que nous, et par exemple qui pourrait *voir* dans les corps au moyen de l'électricité. Cette idée se rattachait un peu aux curieux phénomènes du somnambulisme et du magnétisme animal ; mais l'homme, malgré sa supériorité sur la brute, n'a point de sens que l'animal ne possède. Ainsi l'ana-

logie nous fait défaut dans cette conjecture. On avait présumé que cet être supérieur pourrait agir sur la matière et commander aux êtres matériels de se mouvoir sans les toucher. A cela on répond que l'homme, pas plus que le chien, ne peut déplacer un corps pesant sans agir mécaniquement sur lui. On a parlé de prescience de l'avenir, de science infuse, de communication directe avec la Divinité; que sais-je? on a même entrevu une petite délégation de la puissance créatrice!... Je ne conclus pas. Je laisse le champ libre à l'imagination des métaphysiciens.

(Juin 1856.)

DES EAUX MINÉRALES

ET DE

LA CHALEUR CENTRALE DE LA TERRE.

DES EAUX MINÉRALES

ET DE

LA CHALEUR CENTRALE DE LA TERRE.

Passer six mois de l'année à la campagne, quatre mois à Paris et deux mois en voyage, voilà le souhait d'une vie heureuse. Quand on observe jusqu'à quel point la société parisienne met en pratique ce qu'elle a reconnu désirable en spéculation, on voit que les familles qui sont allées aux champs chercher le grand air et la santé pendant la saison chaude ne rentrent guère avant le milieu de janvier pour reprendre le joug social et les avantages qui y sont attachés, car, l'homme étant de sa nature un animal éminemment sociable, la fréquentation des salons et de tous les lieux de réunion est pour lui un besoin et un bonheur. Vers le milieu de mai, on commence à parler de départ, de voyages, de visites aux eaux minérales, de séjour dans ses terres. Les fonctionnaires retenus à Paris se procurent des habitations d'été dans le voisinage pour eux et pour leurs familles. S'ils peuvent avoir quelques semaines de libres, ils courent aux eaux et aux bains de mer fréquentés par la foule des baigneurs de bonne société; ils y retrouvent à la fois et les salons

de Paris et les charmes de la mer et des montagnes. Ils remplissent à peu près le même cadre annuel que les heureux qui ont à la fois l'aisance et l'indépendance absolue. On peut regarder cette distribution de temps comme un type indiqué par l'hygiène autant que par les agréments qui en sont l'accessoire. A la vérité, on reproche à juste titre aux Français d'être trop sédentaires, de ne pas voyager assez, même dans leur propre pays, et surtout depuis que le transport rapide sur les voies ferrées a réduit à peu d'heures le parcours des plus grandes distances du territoire, en même temps qu'il a diminué dans une notable proportion et la fatigue du chemin et les dépenses de comfortable nécessaires. C'est à l'attrait des eaux minérales, des plages maritimes commodes pour les bains, que sont dus à peu près tous les voyages qu'entreprennent les familles des grandes villes françaises, lorsqu'elles consentent à sortir de leur villégiature et de leur vie de château.

D'année en année cependant, on voit s'établir de plus en plus la conviction que pour former l'esprit des jeunes gens des deux sexes rien n'est plus utile que des excursions un peu étendues, telles que le parcours des sites qui bordent le Rhin, une visite aux vallées et aux montagnes de la Suisse, avec le Rhône depuis le lac de Genève jusqu'à son embouchure. On peut encore explorer le littoral de Marseille et celui de la côte maritime de France jusqu'à Perpignan et à l'Espagne, aborder sur plusieurs points des Pyrénées et de tout le littoral de l'Atlantique, qui baigne la France occidentale. Les paysagos des Vosges, riches d'une si grande variété d'arbres et de sites gracieux, seraient, étant mieux connus,

des promenades qui ne le céderaient en rien aux excursions les plus pittoresques, surtout à une époque où le goût des arts du dessin a fait de si nobles progrès dans toutes les classes de la société et a contribué à faire mieux apprécier les beautés de la nature. Je ne dis rien des montagnes d'Auvergne, chantées en vers par Fénelon, et de la chaîne centrale de la France, qui offre au touriste comme au naturaliste un résumé de tout ce que l'amateur le plus exigeant peut souhaiter ou même imaginer de plus varié et de plus grandiose.

Sans doute, me dira-t-on, l'époque de l'année est bien choisie pour parler de voyages de santé, de bains, d'eaux minérales, d'établissements thermaux, au moment même où chacun fait ses plans de *saison d'eaux* pour les mois de juillet, d'août et de septembre, lesquels possèdent exclusivement le privilége des voyages commandés soit par l'hygiène qui prévient les maladies, soit par la thérapeutique qui y porte remède; mais, encore une fois, qu'y a-t-il de scientifique dans une excursion aux sources minérales des Pyrénées, du Mont-Dore, des bords du Rhin, de l'Allemagne, de la Suisse et de la Savoie, ou enfin à ce vaste dépôt d'eaux vraiment minérales qu'on appelle l'Océan, et qui occupe les trois quarts de la surface du globe terrestre?

Tout au contraire est scientifique, et, comme diraient les Anglais, *hautement scientifique* (*highly scientific*), dans la nature, l'origine, la composition, la situation géographique, enfin le mode d'action des eaux minérales. J'ai déjà montré dans ces *Études* comment la physique et la chimie de l'intérieur de notre terre se trouvent liées à ces sources *miraculeuses*, suivant l'expression

de Delille (1). Tandis que le minéralogiste va chercher dans le sein de la terre les riches trésors des mines de métaux et de combustibles, la nature, par un mécanisme simple et non moins admirable, fait sortir des mêmes localités, avec les eaux thermales, de vraies mines de santé, non moins précieuses que celles dont le produit s'évalue par millions tant pour les produits immédiats que pour les auxiliaires fournis à la puissance industrielle.

Si je parle de la chaleur centrale du globe à propos des eaux thermales, je m'attends qu'on va crier à la redite. Je prie cependant le lecteur de considérer qu'il n'en est point des notions de la science comme des créations de la poésie et de l'imagination. On a pu noter toutes les répétitions d'images et de vers entiers qu'Homère a laissé échapper dans ses vastes compositions. Chaque auteur a, pour ainsi dire, des mots, des expressions qu'il emploie de préférence, et qu'on a désignés sous le nom de mots ou d'idées parasites. Je n'ignore pas que la Bruyère regarde comme le signe d'un esprit vieillissant ces redites des mêmes idées et des mêmes anecdotes devant les mêmes personnes; mais quand il s'agit des causes assignées par la science, il est impos-

(1) Dans le tableau un peu prétentieux que Delille trace de l'animation qui règne aux eaux, se trouvent ces deux vers, curieux comme exemple de tautologie :

Plus la foule est nombreuse, et plus elle est active ;
L'un vient et l'autre part, l'un part et l'autre arrive.

(*Les Trois règnes*, livre 3.)

sible de ne pas invoquer plusieurs fois les mêmes principes de la physique du globe. Objectera-t-on à un mathématicien qu'il a tort de se servir fréquemment de l'indispensable théorème relatif au carré de l'hypoténuse, parce que ce principe géométrique a été trouvé par Pythagore cinq ou six siècles avant notre ère?

Avant d'arriver toutefois aux questions de physique soulevées par les eaux minérales, j'ai à dire un mot des questions d'hygiène, à propos d'un livre qui passe en revue toutes les circonstances où les eaux diverses peuvent être utiles à la santé, et toutes les maladies que chacune est appelée à guérir ou à prévenir. L'influence du voyage, du site, de l'air de la contrée, de la société même, est prise en considération par l'auteur, qui, en vrai *spécialiste*, n'a épargné aucuns frais de voyages, d'observations, de consultations locales, de tableaux statistiques, pour connaître ce qu'on doit attendre des sources minérales de la France, de la Belgique, de l'Allemagne, de la Suisse, de la Savoie et de l'Italie, en même temps qu'il a étudié les effets des bains de mer et de l'atmosphère maritime (1). Les ingrédients chimiques de chaque source, sa chaleur plus ou moins grande,

(1) Après les considérations générales sur la nature et l'emploi des eaux, on trouve dans l'ouvrage de M. Constantin James la liste complète des eaux de France et des pays voisins, avec des descriptions topographiques et des gravures pittoresques qui donnent une idée ou un souvenir des localités médicales. Il y a là un travail considérable et profond; il n'y manque pas même l'indication des voies qui conduisent à chaque source minérale. Les meilleures analyses chimiques sont citées dans ces utiles monographies.

son emploi comme bains ou comme boisson, le traitement auxiliaire qui doit rendre efficace l'action des eaux sur l'organisme, la préparation au voyage, puis, au retour, la suite à donner au traitement local pour confirmer les résultats obtenus, tout est examiné avec les lumières propres à un observateur qui a vu lui-même, et avec les notions obtenues soigneusement des médecins de chaque localité et des auteurs qui ont traité le sujet en général. On connaît le vieux proverbe latin : *Cave ab homine unius libri* (ne vous compromettez pas avec un homme qui ne lit qu'un seul livre); on pourrait louer de même le docteur qui *n'écrit qu'un seul livre.* Dans la science, comme dans l'industrie, la perfection n'appartient qu'aux *spécialistes.* Je regrette que ce mot soit un néologisme, mais il exprime si bien une pensée vraie, qu'il ne périra pas. Buffon a dit que le génie n'était que la patience. Cela est vrai en ce sens qu'on n'a la patience pour un travail parfait que quand on a le génie qui donne cette perfection.

L'antiquité la plus reculée a connu les bains d'eaux minérales, et même les bains médicinaux. Plusieurs auteurs grecs, et notamment Paléphate, explique les succes de Médée, si habile à rajeunir les vieillards, par l'emploi de bains doués d'une grande vertu médicale. Ils regardent cette princesse comme l'inventeur des bains artificiels, que les Grecs et surtout les Romains avaient fait entrer dans leur régime de vie, et qui n'ont pris rang que depuis peu d'années dans l'hygiène de l'Europe occidentale. On peut dire des Romains qu'ils recherchaient avec passion toutes les eaux minérales, et il n'est presque aucune source un peu efficace près de

laquelle ils n'aient laissé les ruines de quelque construction attestant l'usage qu'ils en faisaient en bains, en breuvages, en étuves. Dans tous leurs établissements militaires, même de second ordre, le théâtre et les thermes étaient indispensables, et par l'usage des bains ils semblent avoir bravé le climat de l'Afrique et celui de l'Égypte aussi bien que les climats du Nord. Aujourd'hui beaucoup de médecins célèbres regardent l'hygiène des thermes comme devant entrer dans le régime des soldats, quand ils occupent pour plusieurs années des pays dont le climat diffère beaucoup de celui de leur pays natal. On a, par exemple, proposé ce régime pour remédier à la consommation immense de soldats que fait l'Angleterre dans les nombreuses stations qu'elle occupe militairement sur la terre entière.

L'action occulte des eaux minérales est un des points traités dans le livre qui nous occupe. Riche d'observations propres, l'auteur sait, quand on peut savoir; il sait douter dans les cas incomplétement observés; enfin il avoue son ignorance, ou plutôt celle de tout le monde, quand la science n'a point encore rendu ses oracles. Ainsi la classification des eaux minérales d'après leurs ingrédients chimiques semble très-naturelle et très-facile. Les eaux sulfureuses, les eaux ferrugineuses, les eaux alcalines ou salines, les eaux acides ou gazeuses, voilà quelque chose de clair et d'aisé à retenir. Eh bien, l'expérience a prouvé que les maladies qui trouvent dans telle source une guérison ou un préservatif ne sont pas toujours en rapport avec la nature chimique de l'eau de cette source. Il faut donc énumérer chaque maladie et écrire à côté le nom de toutes les sources qui se sont

trouvées salutaires pour ce genre d'affection morbide. Le tableau dressé par M. Constantin James des maladies et des eaux qui sont spécifiques pour chaque cas est une véritable consultation préalable offerte au malade et soumise à l'appréciation du médecin.

Tous ceux qui, même de loin, ont suivi les progrès de la physiologie, que l'on pourrait définir la science de la vie, savent combien est délicate la partie de la médecine qui a trait à l'emploi de tel ou tel remède, et combien on risque de contrarier la nature en croyant l'aider. On cite l'exemple d'un célèbre chimiste qui, ayant voulu traiter son estomac comme un vrai laboratoire, faillit compromettre son existence. S'il avait une aigreur d'estomac, vite il avalait des substances alcalines. Si au contraire il présumait que cet organe fût trop alcalin, il faisait usage de boissons acides. De même l'humide était combattu par le sec et le sec par l'humide. L'asthénie présumée l'était par des toniques, et un état d'excitation par des calmants appropriés. Or, si l'on admet avec tous les physiologistes que la nature organique tend vers un état de santé et obvie naturellement aux petits dérangements qui peuvent survenir, il est évident qu'en s'opposant continuellement à ce que veut faire la nature, on l'empêche de mettre en usage ses moyens habituels de guérison ou de conservation, et que l'on crée un état fort périlleux pour l'organisme, réduit à l'impuissance. C'est ainsi par exemple que, dans certains cas où la fièvre est un moyen de guérison employé par la nature, on tue le malade en combattant cette fièvre salutaire. Les médecins, on le voit, et M. Constantin James le professe hautement, ne sauraient appor-

ter trop de prudence dans les conseils qu'ils donnent relativement à l'usage des eaux. On doit les louer surtout quand ils savent dire ce qu'il ne faut pas faire : conseiller ce qui doit être fait quand il est nécessaire d'agir est certainement bien plus aisé. Tous les logiciens savent combien les notions négatives sont plus pénibles à acquérir que les notions positives. Rien de plus simple que de prouver un fait, mais prouver qu'un fait n'a pas eu lieu est bien autrement difficile.

Une carte indiquant pour la France et les pays adjacents toutes les stations médicales est jointe à l'ouvrage sur les eaux minérales; elle aurait pu devenir, avec de légères modifications, une importante carte géologique, indiquant dans quelles localités l'eau pénètre pour se réchauffer jusqu'à une grande profondeur dans les entrailles de la terre au travers de couches disloquées par les catastrophes primitives du monde, et aussi quelle est la nature des terrains traversés par les eaux d'après les substances qu'elles dissolvent dans les parties profondes du sol. Il eût été bon d'avoir sur cette carte une indication particulière qui distinguât les sources froides des sources chaudes ou thermales; mais c'est ce que le lecteur peut noter facilement lui-même avec un crayon ou une encre de couleur. C'est principalement dans le voisinage des anciens volcans éteints que se rencontrent les eaux thermales. On peut tirer de la haute température de ces eaux la preuve que l'état actuel du globe est fort récent, car, s'il était ancien, il est évident que ces sources auraient fini par refroidir leurs bassins et les lits par lesquels elles s'écoulent : elles n'auraient plus ces degrés étonnants de chaleur qui

se rapprochent de ce que l'eau peut atteindre de plus élevé en température.

C'est une opinion assez répandue que l'efficacité des sources minérales est due principalement à la salubrité du site, aux distractions d'un voyage et d'un séjour agréables, où la santé est *contagieuse* comme ailleurs la maladie. L'auteur du *Guide aux Eaux minérales* sait faire la juste part de ces influences salutaires au physique comme au moral. Volney, dans la préface de son célèbre *Voyage en Orient*, a très-bien indiqué combien il est favorable à l'homme social, agité par tant de passions naturelles et artificielles, de s'assurer un temps de repos, d'oubli momentané, qui puisse endormir ou même cicatriser les plaies de l'âme. Je trouve dans ma mémoire, *sans certificat d'origine*, cette pensée bien vraie, que pour les malheureux, naturellement un peu misanthropes, les voyages sont une *distraction dans la solitude.* Ajoutons que pour les bons esprits il y a non-seulement distraction à attendre des voyages, mais bien encore instruction réelle. D'après la Fontaine,

> Quiconque a beaucoup vu
> Peut avoir beaucoup retenu.

Une fois cette part faite à ce qui n'est pas l'action thérapeutique de la source minérale que l'on va chercher, il est aisé de prouver jusqu'à l'évidence que les eaux minérales ont une efficacité bien réelle attestée par les animaux eux-mêmes, pour lesquels on ne peut pas invoquer l'influence de l'imagination. Près de plusieurs sources minérales, et notamment au Mont-Dore, j'ai pu observer combien les bestiaux de toute espèce

sont avides de ces eaux. A la gare de Saint-Ouen, près de Paris, les eaux sulfureuses des puits artésiens sont de même fort du goût des bœufs et des chevaux en dépit des beaux vers de Virgile sur les *fontaines pures* où s'abreuvent, suivant lui, ces animaux avec délices :

Pocula sunt fontes liquidi.

Mais j'ai déjà prévenu mes lecteurs que la science positive avait un compte à régler avec les faiseurs de couleur locale.

J'arrive maintenant à la théorie physique et chimique des eaux minérales, chaudes ou froides, et de celles de la mer. Il est évident que ces dernières sont le résultat du lessivage des terres par les eaux de l'Océan et que les pluies qui coulent à la surface et sous le sol des continents continuent à porter à la mer le reste des sels solubles contenus dans les terrains que lavent ces eaux courantes. La salure des grands océans est à peu près uniforme, mais dans les mers limitées cette salure peut être plus ou moins grande, suivant la quantité des eaux fluviales que reçoit le bassin de chaque mer et l'évaporation qui enlève l'excédant de ce qui forme le régime définitif de ce bassin. Ainsi la Baltique et la mer Noire sont moins salées que l'Océan, et la Méditerranée l'est davantage. Le degré de salure de cette dernière mer doit augmenter continuellement, car elle reçoit des eaux de tous côtés sans en verser dans aucun autre bassin. Par la même raison, la mer Noire, qui ne reçoit que de l'eau douce et qui épanche son trop-plein par le Bosphore, va continuellement en diminuant de salure. Si l'on prend le nombre 28 millièmes pour la salure de

l'Océan, on aura le nombre 30 pour la Méditerranée et seulement le nombre 14 pour la mer Noire. Cette mer est donc déjà à demi dessalée. Le lac ou mer de Baïkal dans la Tartarie l'est complétement, et offre des eaux aussi pures que celles des grands lacs du Canada; mais de plus nous avons dans le lac Baïkal la preuve qu'il était salé autrefois par les phoques, les esturgeons, les éponges qui vivent dans ses eaux, et qui se sont, chose merveilleuse, pliés peu à peu à un changement de régime aussi violent que le passage de l'eau salée à l'eau douce (1). Par contre, les petites mers ou lacs méditerranéens, comme la mer Morte, le lac d'Ourmiah, le lac Elton, qui sont le résidu de vastes nappes d'eaux salées évaporées presque à siccité, sont horriblement salés. La mer Morte l'est non-seulement par le sel ordinaire de l'Océan, mais bien encore par d'autres substances salines, plus corrosives que le sel marin. On s'explique la grande concentration des eaux de cette mer par cette circonstance que son bassin est de plus de 400 mètres au-dessous des eaux de la Méditerranée, et que, pour se réduire au niveau actuel, il a fallu que l'évaporation lui enlevât une couche fort épaisse d'eau de mer, laquelle, en abandonnant tous les sels qu'elle

(1) Par une incroyable distraction, M[me] Somerville appelle la mer de Baïkal un lac salé, *salt lake;* c'est de l'eau pure comme de l'eau distillée et filtrée. Je pense qu'avant peu nous verrons les phoques d'eau douce du Baïkal se jouer dans les lacs du bois de Boulogne. Le phoque est un animal intelligent, gai, très-éducable et à demi amphibie; Homère et Virgile lui ont consacré plusieurs vers.

contenait, a laissé pour résidu une mer ou plutôt un fond de mer qui est un vrai mélange chimique très-concentré. En un mot, l'eau n'y est qu'accessoire, et souvent même le fond est tapissé de plaques salines. Le lac Elton est encore un peu plus salé que la mer Morte, mais le sel en est pur et employable aux besoins de l'homme. L'exploitation de ce bassin constitue une source de richesse pour la Russie : plus de la moitié du sel qui se consomme dans ce vaste empire provient du lac Elton, et il est versé dans le commerce par la navigation remontante du Volga. Au reste, en comparant l'eau de mer et la quantité de sel qu'elle contient avec ce qu'en contiennent plusieurs sources minérales, de celles qu'on désigne sous le nom de sources salées, on en conclut que les eaux de l'Océan sont très-fortement minérales. Aussi agissent-elles énergiquement sur l'organisation de plusieurs malades, soit à chaud, soit à froid, comme bains, mais jamais en breuvage.

La seconde classe d'eaux minérales, ce sont les eaux froides qui rapportent du sein de la terre une grande variété de substances chimiques, quoique jusqu'à présent du moins aucun des corps nouveaux trouvés par la chimie moderne n'ait eu pour origine l'analyse des eaux minérales. L'iode et le brome, qui ont été reconnus dans certaines sources, avaient déjà été découverts dans l'eau de mer par MM. Courtois et Balard. C'est du reste une voie ouverte encore aux analystes de précision que l'étude des produits singuliers de certaines sources minérales, tels par exemple que l'acide crénique, la barégine et la sulfuraire. J'ai reconnu aussi de singuliers dépôts dans les eaux des Pyrénées-Orientales. Toute la chi-

mie des substances solubles que renferme le sein de la terre est évidemment dans les eaux froides ou thermales qui nous en ramènent pour ainsi dire des échantillons. Jusqu'ici cette chimie, aussi bien que la chimie de l'atmosphère, des eaux et des continents antédiluviens, a peu appelé l'attention des corps savants et des travailleurs isolés. C'est là pourtant un beau sujet de spéculations et de recherches expérimentales. Qu'on se figure ce que devait être l'atmosphère de la terre dans les temps primitifs, où sa chaleur ne permettait pas aux eaux de reposer sur sa surface, et où mille substances métalliques, carbonifères, azotées, hydrogénées, étaient à l'état volatil constant. Que de points curieux à éclaircir, et combien doivent se tranquilliser les esprits inquiets qui nous engageraient naïvement avec Pline à laisser, par pure charité, quelque chose à faire à la postérité!

Un autre titre des eaux thermales à l'attention des physiciens, celui qui est le plus curieux à constater, c'est qu'on y peut voir des témoins irrécusables de la chaleur centrale de notre planète. Tout le monde sait maintenant que pour chaque profondeur de 30 mètres on trouve la terre plus chaude d'un degré centigrade, en sorte que vers 3 kilomètres de profondeur on aurait plus que de l'eau bouillante. Déjà vers 550 mètres le puits artésien de Grenelle a ramené des eaux tièdes, et juste au degré prévu par les sondages thermométriques de M. Walferdin; il n'y a donc point à s'étonner que dans les terrains forts accidentés, où les couches rocheuses du sol sont très-disloquées et présentent des cavités profondes aux eaux souterraines, celles-ci, en s'infiltrant à de grandes profondeurs, rencontrent des cavités

à parois naturellement très-chaudes, qui, étant remplies jusqu'au bord supérieur, reçoivent des ruisseaux d'eau froide qui tombent au fond en faisant déborder l'eau chaude, beaucoup plus légère. Il est donc assez probable que les substances chimiques rapportées par les eaux thermales viennent d'une profondeur plus grande que celles qui remontent avec les eaux froides. Depuis que j'ai indiqué à mes lecteurs les profondeurs de la terre comme une véritable source ou usine de chaleur, j'ai appris que l'idée d'exploiter thermométriquement l'intérieur de la terre s'était déjà présentée à deux industriels étrangers l'un à l'autre, et je leur restitue bien volontiers leur initiative d'inventeurs, à la condition cependant qu'ils ne me forceront pas à prendre des actions dans leur future société. Sérieusement parlant, c'est encore par les puits artésiens seuls que l'on peut extraire économiquement la chaleur souterraine avec l'eau comme auxiliaire, laquelle a par elle-même une grande valeur. C'était la pensée inflexible d'Arago, qui, dans le conseil municipal de Paris, s'écriait à chaque profondeur de 100 mètres atteinte sans obtenir de l'eau : « Tant mieux! nous en aurons de plus chaude! » — « Ce que j'admire le plus dans votre beau puits foré de Grenelle, me disait lord Brougham, ce n'est pas l'art du sondeur qui a été vraiment merveilleux, mais bien la persévérance par laquelle on est arrivé à un si étonnant résultat. » Maintenant la merveille de ce puits est oubliée, et la société, ingrate et distraite, tend de nouveau la main à la science en lui disant : Encore.

Les eaux des puits artésiens très-profonds sont thermales, c'est-à-dire chaudes, mais elles ne sont pas pour

cela minérales, c'est-à-dire chargées de substances chimiques. L'eau du puits de Grenelle, qui nous arrive après un filtrage souterrain que M. Walferdin a reconnu être de plus de 120 kilomètres, est surtout remarquablement pure. Il est inconcevable que les Parisiens s'obstinent à boire les eaux plâtrées de leur banlieue, tandis qu'ils ont dans les eaux du puits de Grenelle une eau d'une exquise pureté. Au reste on n'a pas plus utilisé cette eau pour sa chaleur que pour sa qualité, et les rues du quartier de l'Observatoire sont lavées par cette précieuse eau thermale, tandis que les eaux séléniteuses d'Arcueil et du canal de l'Ourcq servent à la boisson d'une notable partie de la capitale. Je reviendrai un jour sur les travaux de M. Belgrand, relatifs aux eaux du bassin de la Seine.

Je terminerai par une considération relative à la conservation de l'eau à la surface de la terre. Il est évident que la chaleur interne de la terre s'oppose à toute déperdition des sources par voie souterraine, car dès que l'eau arrive à 3 ou 4 kilomètres de profondeur, elle y trouve un sol incandescent qui la renvoie bien vite en haut après l'avoir réduite à l'état de vapeur. Et qu'on ne croie pas que la force de la vapeur soit insuffisante pour opérer cette ascension : elle brise souvent des vases dont la résistance est bien supérieure au poids des colonnes d'eau qui atteindraient la profondeur où la terre est brûlante.

Je n'ai point trouvé dans l'ouvrage si complet de M. Constantin James la mention de certaines eaux minérales qui viennent sourdre à la côte, au bassin d'Arcachon, près de la Teste, et qui sont devenues légère-

ment sapides en passant sur des débris de sapins fossiles. Les anciens, qui mettaient des pommes de pin dans leur vin au moment de la fermentation, auraient trouvé sans doute ces eaux minérales de leur goût, et tout le monde sait qu'une grande partie de la qualité des eaux-de-vie de Cognac est due à la substance résineuse qu'elles empruntent aux futailles qui les contiennent. Dans plusieurs cas, au reste, je pense que des eaux minérales artificielles, chargées d'électuaires à la dose convenable, seraient très-salubres, et surtout dans les pays chauds.

La conclusion de ces remarques, c'est qu'on doit considérer le livre de M. Constantin James comme une mise en communauté de toutes les notions médicales que l'auteur a recueillies sur l'action des eaux minérales de toute sorte, et qu'il n'a point voulu se réserver en propriété exclusive, puisque son livre est adressé aux médecins comme aux malades. J'ai entendu citer l'envie comme une passion *de première qualité* chez les médecins, *invidia medici,* comme on citerait une peste d'Égypte ou une fièvre jaune des Florides. L'auteur du *Guide aux eaux minérales* paraît au-dessus de semblables préoccupations. Il fait part sans réserve de tout ce qu'il sait à ses confrères. La santé a été justement définie un bien dont on ne connaît la valeur que quand on ne le possède plus : nous croyons que tous les hommes prévoyants accueilleront avec plaisir des travaux qui ont pour but la conservation tout autant que le rétablissement de la santé, puisque c'est en même temps comme préservatif, ou techniquement comme prophylactique, que l'action des eaux s'exerce utilement. Quant aux attentions qu'on devrait avoir et qu'on n'a guère

pour la conservation de la santé, que l'on me permette de citer ce trait d'un de mes amis qui l'an dernier échappa à la mort au moyen d'un voyage aux eaux d'Allemagne. C'est un optimiste quand même. Il verrait crouler le système du monde, qu'il crierait : Bravo! Je le félicitais d'avoir échappé à une mort presque certaine, et je lui conseillais d'oublier ce malheur heureusement évité. Il me répondit : « Que parlez-vous de malheur et d'oubli? Je suis au contraire enchanté d'avoir été dangereusement malade. Tous les matins je me félicite de me voir bien portant, et je connais maintenant tout le prix de la santé. » C'était vraiment très-philosophique, mais il joignait à sa philosophie les conseils d'un excellent médecin, ce qui était très-prudent. De même que les meilleures lois sont celles qui préviennent le crime et non celles qui le punissent, de même le meilleur régime est celui qui préserve de la maladie, et non pas celui qui en opère tardivement la guérison. Avis au lecteur!

(Juillet 1856.)

FIN DU QUATRIÈME VOLUME.

